# PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 17/18. 15. September 1915. Redaktionsschluß für No. 19 am 28. September 1915. 16. Jahrgang.


INHALT:


**Originalmitteilungen:**

A. Landé, Theoretisches über die Breite der Spektrallinien. S. 313.

H. Fletcher, Über die Frage der Elektrizitätsladungen, welche die der Elektronen unterschreiten. S. 316.

M. v. Smoluchowski, Notiz über die Berechnung der Brownschen Molekularbewegung bei der Ehrenhaft-Millikanschen Versuchsanordnung. S. 318.

M. v. Smoluchowski, Über die zeitliche Veränderlichkeit der Gruppierung von Emulsionsteilchen und die Reversibilität der Diffusionserscheinungen. S. 321.

K. Schreber, Die absolute Temperatur. S. 327.

**Besprechungen:**

G. W. C. Kaye, *X*-rays. An introduction to the study of Röntgen rays. S. 328.

K. Sumpf, Grundriß der Physik. S. 328.

L. Graetz, Die Elektrizität und ihre Anwendungen. S. 328.

Aus Natur und Geisteswelt.

21: R. Vater, Die neueren Wärmekraftmaschinen. I. S. 328.

35: W. Scheffer, Das Mikroskop. S. 329.

437: F. Auerbach, Die graphische Darstellung. S. 329.

462: F. Ichak, Das Perpetuum mobile. S. 329.

301: R. Vater: Die Maschinenelemente. S. 329.

W. Spalteholz, Über das Durchsichtigmachen von menschlichen und tierischen Präparaten und seine theoretischen Bedingungen. Nebst Anhang: Über Knochenfärbung. S. 329.

R. Pohl, Die Physik der Röntgenstrahlen. S. 329.

**Briefkasten.** S. 329.

**Nachtrag zur Übersicht über die Kriegsbeteiligung der Deutschen Physiker.** S. 330.

**Personalien.** S. 330.

**Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1915/16** S. 330.


## ORIGINALMITTEILUNGEN.

### Theoretisches über die Breite der Spektrallinien.


Von A. Landé.


§ 1. Man findet oft die Ansicht vertreten, die Leistung eines Beugungsapparates bei der Farbenzerstreuung sei die eines harmonischen Analysators. Zum Beispiel sei die Breite einer Spektrallinie — als Abbild des Fourierspektrums — ein direktes Maß für die Dämpfung und die Häufigkeit von Phasenwechseln in der emittierenden Lichtquelle. Aber schon die Tatsache, daß das Fourier-Spektrum der ankommenden Lichterregung zeitlich von $-\infty$ bis $+\infty$ unverändert anhält, während die Beobachtungsdauer des wirklichen Spektrums mit der Leuchtdauer der Lichtquelle zusammenfällt, zeigt, daß beide Spektren doch nicht in einer ganz einfachen Beziehung zueinander stehen können. In der Tat werden wir finden, daß die Verbreiterung der beobachtbaren Spektrallinien bei häufigem Phasenwechsel direkt nichts mit der Fourierverbreiterung zu tun hat, sondern eine besondere Eigenschaft vielstrichiger Gitter ist und, wie Verf. früher zeigte[1]), bei der Beugung an der einfachen Halbebene gänzlich fortfällt.

Wir wollen also die Beugung eines aus $N$ Sinusperioden bestehenden Wellenzuges der endlichen Breite $N\lambda$ an einem Gitter mit $n$ Strichen untersuchen. Die exakte Behandlung dieses Problems ist zurzeit unmöglich, da A. Sommerfelds exakte Lösung der Beugung an der Halbebene[2]) bisher nicht auf einen Spalt bzw. ein Gitter erweitert werden konnte. Jedoch wird sowohl für unendlich andauernde wie für endlich breite Wellenzüge exakt bewiesen[1, 2]), daß ihr Beugungsbild an der Halbebene praktisch hinreichend durch die Fresnel-Kirchhoffsche Theorie angenähert wird. Sommerfelds Lösung für stationäre Wellen läßt sich nämlich so auffassen, als regte der auffallende ebene Wellenzug die Schirmkante dauernd zur Emission von Zylinderwellen an, welche durch Interferenz mit den ursprünglichen ebenen Wellen nahezu das Fresnelsche Streifensystem hervorbringen. Ein Wellenzug der endlichen Breite $N\lambda$ regt dagegen[1]) die Schirmkante zu Zylinderwellen nur[3]) während des Zeitintervalls $N\lambda/c$ an, während dessen er die Kante überstreicht, und zwar zu den gleichen[3]) Zylinderwellen, die in Sommerfelds Fall während der ganzen unendlichen Zeit angeregt wurden. Es geht also in diesem Fall von der Schirmkante ein Zylinderimpuls der endlichen Breite $N\lambda$ aus, welcher nur dort helle und dunkle Streifen (nahezu in der Fresnelschen Lage) entstehen läßt, wo er mit dem auffallenden $N\lambda$ breiten ebenen Impuls interferiert[1]).

Bei der Halbebene läßt sich also die praktische Zulässigkeit der Fresnel-Kirchhoffschen Theorie sowohl für unendliche wie für endliche Wellenzüge exakt beweisen. Für unendliche Wellenzüge wendet man in üblicher

1) Landé, diese Zeitschr. **16**, 201, 1915.
2) Sommerfeld, Math. Ann. Bd. **47**.

1) Landé, l. c.
2) Sommerfeld l. c.
3) Darüber lagert sich noch ein unendlich lange dauernder An- und Abklingungsprozeß, der aber praktisch weitgehend zu vernachlässigen ist und von dem wir im Folgenden nicht sprechen wollen.

Weise diese einfache Theorie auch für die Beugung durch ein Gitter an. Wir wollen nun einen Schritt weiter gehen und auch bei endlichen Wellenzügen die Fresnelsche Theorie als angenäherte Lösung der Gitterbeugung ansehen, ein Verfahren, das durch die gleiche Parallelität zwischen unendlichen und endlichen Wellenzügen beim Halbebenenproblem gerechtfertigt ist.

§ 2. Der Beugungsvorgang. Nach Fresnel gibt ein unendlich langer Wellenzug bei senkrechter Inzidenz auf ein Gitter mit $n$ Strichen und dem Strichabstand $d$ in der Beobachtungsrichtung $\alpha$ die Intensität

$$I_\alpha = \frac{\sin^2\left(\frac{\pi}{\lambda} d\alpha n\right)}{\sin^2\left(\frac{\pi}{\lambda} d\alpha\right)} \quad \text{(solange } \sin\alpha \backsim \alpha\text{)}. \qquad (1)$$

Die dauernd auftreffende ebene Erregung macht nämlich nach der einfachen Theorie die $n$-Gitterstriche dauernd zu $n$ Zentren von Zylinderwellen, welche überall alle gleichzeitig miteinander interferieren (daher der Faktor $n$ im Zählersinus). Ein endlicher Wellenzug von $N$ Perioden wird dagegen die $n$ Gitteröffnungen zu der Zylinderstrahlung nur[1]) während eines Zeitintervalls $N\lambda/c$ anregen, während dessen er das Gitter durchsetzt, und zwar während dieses Zeitintervalls zu der gleichen[1]) Zylinderstrahlung, wie im ersten Fall während der ganzen unendlichen Zeit. Daher geht, statt der stationären

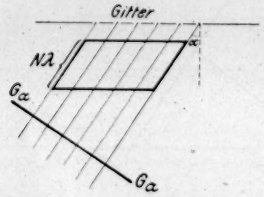

Fig. 1.

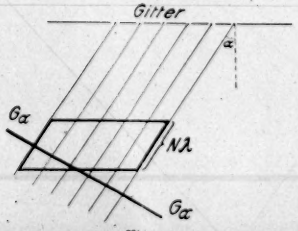

Fig. 2.

1) Die exakte Theorie wird wohl, wie bei der Halbebene, einen darübergelagerten An- und Abklingungsprozeß ergeben, der aber hier wie dort für unsere Fragen nicht in Betracht kommt.

Zylinderwellen, von jeder Öffnung jetzt nur ein Zylinderimpuls der endlichen Breite $N\lambda$ aus, der radial mit Lichtgeschwindigkeit $c$ von der betreffenden Öffnung forteilt. Die Folge ist, daß nicht sämtliche $n$ Zylindererregungen überall alle gleichzeitig interferieren. Zeichnet man vielmehr von den $n$ Gitteröffnungen aus in der Beobachtungsrichtung $\alpha$ $n$ Strahlen und markiert auf jedem Strahl besonders stark denjenigen Abschnitt der Länge $N\lambda$, wo der Strahl den zur gleichen Gitteröffnung gehörigen Zylinderimpuls durchsetzt (Fig. 1 und 2), so wandern diese Abschnitte mit den sich erweiternden Zylinderringen auf den Strahlen mit Lichtgeschwindigkeit $c$ fort. In jedem Moment kommen dann in einem in Richtung $\alpha$ auf Unendlich eingestellten Fernrohr nur diejenigen Zylinderwellen gleichzeitig zur Beobachtung, deren Abschnitte von einer festliegenden, zur Richtung $\alpha$ senkrechten Graden $G_\alpha$ geschnitten werden. In Fig. 1 hat noch keiner der $n$ Strahlenabschnitte die senkrechte Grade $G_\alpha$ erreicht, im Gesichtsfeld herrscht also noch Dunkelheit. In einem späteren Moment, der in Fig. 2 fixiert ist, wird $G_\alpha$ bereits von $p = 3$ Strahlabschnitten gekreuzt, d. h. es tragen jetzt $p$ Gitteröffnungen mit ihrer Zylinderstrahlung zu einem Interferenzbild im Gesichtsfeld bei. In diesem Moment wird daher die Intensität $I_\alpha$ statt durch (1), dargestellt durch

$$I_\alpha = \frac{\sin^2\left(\frac{\pi}{\lambda} d\alpha p\right)}{\sin^2\left(\frac{\pi}{\lambda} d\alpha\right)}. \qquad (2)$$

Mit Hilfe der zu Fig. 1 und 2 führenden Konstruktion läßt sich dann die Zahl $p$ der bei der Auflösung wirksamen Gitterstriche in jedem beliebigen Moment bestimmen: Die „wirksame" Zahl $p$ nimmt bei einem Wellenzug endlicher Breite von 0 an allmählich zu, bleibt auf einem Maximalwert $p_{max}$ stehen und fällt zuletzt wieder gegen 0 ab[1]). $p_{max}$ ist (solange $\sin\alpha$ mit $\alpha$ vertauscht werden darf) gleich der kleineren der beiden Zahlen $N\lambda/d\alpha$ und $n$. Da das Intensitätsmaximum der $k$ten Ordnung in die Richtung

$$\alpha = k\frac{\lambda}{d} \qquad (3)$$

fällt, ergibt sich

$$p_{max} = \frac{N}{k} \text{ bzw. } = n. \qquad (4)$$

Die Wirkungsdauer von $p_{max}$ ist wegen (3)

$$\tau_{max} = \left(n - \frac{N}{k}\right)\frac{k\lambda}{c} \text{ bzw. } \left(\frac{N}{k} - n\right)\frac{k\lambda}{c}. \qquad (4')$$

1) Bei exakter Behandlung wird $p$, infolge des S. 313, Sp. 2, Fußnote 3 erwähnten An- und Abklingungsprozesses, sich nicht sprungweise ändern, wie überhaupt Formel (2) und (1) nur angenäherte Gültigkeit beanspruchen.

Die Anklingungszeit bis zur Erreichung von $p_{max}$ ist die kleinere der beiden Zeiten

$$\tau_A = \frac{N k \lambda}{k} \frac{\lambda}{c} \text{ bzw. } n \frac{k \lambda}{c}. \qquad (4'')$$

Ebenso groß ist die Abklingungszeit[1]). Die gesamte Beobachtungsdauer der Beugungserscheinung ist also

$$\tau = \left(\frac{N}{k} + n\right) \frac{k \lambda}{c}. \qquad (4''')$$

Wir finden daher als Resultat:

Bei der Beugung eines $N$ Perioden enthaltenden Wellenzugs durch ein Gitter von $n$ Strichen sind in der $k$ten Ordnung nicht alle $n$ Striche auflösend wirksam, sondern nur $p$ von ihnen, wobei $p$ gemäß (4) bis (4''') auf einen Maximalwert ansteigt und später wieder gegen Null abfällt. Mit abnehmender Wellenzahl $N$ und zunehmender Beobachtungsordnung $k$ nimmt also die auflösende Kraft des Gitters für den endlichen Wellenzug ab, und zwar macht sich diese Abnahme relativ umso eher bemerkbar, je größer die Strichzahl $n$ des Gitters ist. Beobachtet man in einer Richtung $\alpha = k \frac{\lambda}{d}$ mit $k > N$, so daß $p_{max} < 1$, so tritt überhaupt keine gemeinsame Interferenzwirkung mehrerer Gitterstriche auf, d. h. bei einem Wellenzug von $N$-Perioden gibt es helle und dunkle Streifen nur in den $N$ ersten Ordnungen[2]).

§ 3. Photographische Gesamtwirkung eines Wellenzuges. Das Bild, das der endliche Wellenzug auf einer photographischen Platte in verschiedenen Richtungen $\alpha$ entwirft, ist gegeben durch das Zeitintegral

$$J_\alpha = \int I_\alpha \, dt = \frac{\int \sin^2(\pi k p(t)) dt}{\int \sin^2(\pi k) \, dt} \qquad (5)$$

mit

$$\int dt = \left(\frac{N}{k} + n\right) \frac{k \lambda}{c} \text{ wegen } (4''')$$

wobei $p = p(t)$ sich mit der Zeit ändert, während das stark umrahmte Parallelogramm der Fig. 1 und 2 die Gerade $G_\alpha$ überstreicht.

A) In dem Spezialfall $N \ll n k$ verschwindet die An- und Abklingungszeit $\tau_A = \frac{N \lambda}{c}$ gegenüber der Zeit

$$\tau_{max} = \left(n - \frac{N}{k}\right),$$

so daß

$$J_\alpha = \frac{\sin^2\left(\pi k \frac{N}{k}\right)}{\sin^2(\pi k)} \cdot \frac{n k \lambda}{c} \qquad (5')$$

wird, als seien nicht $n$, sondern $\frac{N}{k} \ll n$ Gitterstriche auflösend wirksam.

B) Ist dagegen $N \gg n k$, so verschwindet ebenfalls die jetzige An- und Abklingungszeit $\tau_A = \frac{n k \lambda}{c}$ gegenüber

$$\tau_{max} = \left(\frac{N}{k} - n\right) \frac{k \lambda}{c},$$

so daß jetzt

$$J_\alpha = \frac{\sin^2(\pi k n)}{\sin^2(\pi k)} \qquad (5'')$$

wird, als seien alle $n$ Striche wirksam, wie bei einem unendlich langen Wellenzug[1]).

§ 4. Wellenzugfolge. Neben der Beugung eines einzelnen isolierten Wellenzuges interessiert uns die photographische Gesamtwirkung einer Reihe sukzessiver zunächst gleichlanger Wellenzüge, die in keiner Phasenbeziehung zueinander stehen. Da Intensitäten quadratisch in den sich addierenden Amplituden sind, läßt sich in einfacher Weise ableiten, daß zwar nicht bei jeder beliebig kurzen Momentaufnahme, wohl aber bei einer viele Phasenwechsel enthaltenden Zeitaufnahme die Intensitätsverteilung auf der photographischen Platte dieselbe ist, wie bei der Aufnahme des einzelnen isolierten Wellenzuges. Man erhält daher für die pro Zeiteinheit in der Richtung $\alpha$ gestrahlte Intensität den Wert

$$E_\alpha = \frac{c}{N \lambda} \cdot J_\alpha, \qquad (6)$$

wobei $J_\alpha$ aus (5), in den Spezialfällen $A$ und $B$ aus (5') (5'') bekannt ist.

Treten schließlich die Phasenwechsel nicht immer nach je $N$ Perioden auf, so ist $E_\alpha$ mit einem Wahrscheinlichkeitsfaktor $w(N)$ nach $N$ zu integrieren, da wieder die Mittelwerte der Intensitäten additiv sind.

§ 5. An unseren Resultaten läßt sich besonders deutlich demonstrieren, daß das beobachtbare Spektrum keine harmonische Analyse des ankommenden Lichts darstellt. Das harmonische Fourierspektrum eines Wellenzuges von $N$ Perioden (vgl. Sommerfelds „kannelliertes" Spektrum[2])) verbreitert sich, wenn die Zahl $N$ abnimmt, nach einem Gesetz, das außer $N$ nur universelle Zahlenkonstanten enthält. Ganz anders das beobachtete Spektrum in einem Beugungsapparat mit $n$ Strichen und der Gitterkonstanten $d$. Man findet zwar auch hier in gewisser Weise das Gesetz bestätigt, daß, je kürzer der Impuls,

1) Diese für die Beobachtung sehr in Betracht kommende An- und Abklingung ist nicht zu verwechseln mit dem S. 313, Sp. 2, Fußnote 3 erwähnten Prozeß, der praktisch zu vernachlässigen ist.

2) Vgl. das bei der Halbebene exakt berechnete analoge Resultat, Landé, l. c.

1) Alle Resultate beanspruchen wegen S. 314, Sp. 2, Fußnote nur angenäherte Gültigkeit, die aber für die hier interessierenden Fragen weitgehend ausreicht.

2) A. Sommerfeld, Lichtausbreitung in dispergierenden Medien. Festschrift H. Weber.

desto breiter und unschärfer im allgemeinen seine Beugungsmaxima werden. Das Gesetz der Verbreiterung hängt aber wesentlich von der Strichzahl $n$ des Gitters und überdies noch von dem Winkel $\alpha$ bzw. der Ordnung $k = \frac{\alpha d}{\lambda}$ der Beobachtung ab. Ein Wellenzug von $N$-Perioden gibt in der $k$ten Ordnung Beugungsmaxima, die selbst bei beliebig gesteigerter Strichzahl $n$ des Gitters nicht schärfer zu erhalten sind als die (in allen Ordnungen gleich scharfen) Maxima, welche ein unendlich langer ungestörter Wellenzug mit einem Gitter von $N/k$-Strichen erzeugt. Andererseits zeigt derselbe endliche Wellenzug bei nicht zu hoher Ordnung $k << \frac{N}{n}$ der Beobachtung ebenso scharfe Linien, als sei er unendlich lang. Maxima höherer als $N$ter Ordnung existieren nicht. Ein weiterer Fundamentalunterschied zwischen Fourier- und beobachtetem Spektrum ist, wie eingangs schon erwähnt, daß das Fourierspektrum unendlich lange Zeit mit unveränderter Stärke, das beobachtete Spektrum nur eine bestimmte endliche Zeit lang andauert. Ferner hat die verbreiterte Fourierbande eines endlichen Wellenzuges in ihren verschiedenen Teilen verschiedene Wellenlängen, also verschiedene „Farbe", während jedes Beugungsmaximum in seiner ganzen Ausdehnung die gleiche Farbe zeigt. Die Verbreiterung der Beugungsmaxima ist eben auf einen ganz anderen Grund zurückzuführen als die Fourierverbreiterung, nämlich auf das Versagen des Zusammenwirkens aller $n$ Gitterstriche bei der spektralen Zerlegung kurzer Wellenzüge. Daher bleibt eine entsprechende Verbreiterung der Streifen bei der Beugung an der einfachen Halbebene vollständig aus.

Przemysl, den 2. Juli 1915.

(Eingegangen 24. Juli 1915.)

## Über die Frage der Elektrizitätsladungen, welche die der Elektronen unterschreiten.

(Entgegnung auf einen Aufsatz des Herrn Fritz Zerner, diese Zeitschrift **16**, 10, 1915.)

Von Harvey Fletcher.

Durch gewisse Berechnungen, unter Zugrundelegung von mir im Jahre 1911 veröffentlichter Daten[1]), gelangt Herr Fritz Zerner zu dem Schlusse, daß die Millikansche Öltropfenmethode zur Messung der elektrischen Elementarladung zuweilen Werte ergibt, die weit unterhalb $4{,}78 \cdot 10^{-10}$ liegen[1]), beispielsweise nach seiner Tabelle bei $1{,}32 \cdot 10^{-10}$; er schließt ferner aus Daten, die von mir und Millikan veröffentlicht worden sind[2]), daß die Gleichungen für die Brownsche Bewegung zu einem Werte von $Ne$ führen, der zu klein ist, nämlich $62{,}5 \cdot 10^{-10}$ Coulomb. Hieraus folgert er, daß die Gleichungen für die Brownsche Bewegung manchmal Werte ergeben, die zu niedrig sind.

Wenn wir diese Daten nach dem in der Physical Review vom November 1914, S. 440 skizierten Verfahren behandeln, so erhalten wir folgende Ergebnisse.

Aus der ersten Spalte in der Tabelle erhalten wir:

$$tg = 6{,}95,\ \overset{+}{t}_a = 8{,}60,\ \bar{t}_a = 6{,}07,$$
$$\tau = 1{,}265,\ z = 6{,}28;$$

folglich $Ne = 50{,}0 \cdot 10^3$ Coulomb.

Aus der zweiten Spalte erhalten wir:

$$tg = 12{,}83,\ \overset{+}{t}_a = 14{,}97,\ \bar{t}_a = 9{,}86,$$
$$\tau = 2{,}55,\ z = 5{,}77;$$

folglich $Ne = 78{,}6 \cdot 10^3$ Coulomb.

Aus der dritten Spalte erhalten wir:

$$tg = 6{,}74,\ \overset{+}{t}_a = 7{,}90,\ \bar{t}_a = 6{,}07,$$
$$\tau = 0{,}915,\ z = 8{,}37;$$

folglich $Ne = 91{,}3 \cdot 10^3$ Coulomb.

Aus der vierten Spalte erhalten wir:

$$tg = 3{,}23,\ \overset{+}{t}_a = 3{,}64,\ \bar{t}_a = 3{,}20,$$
$$\tau = 0{,}22,\ z = 16{,}6;$$

folglich $Ne = 167 \cdot 10^3$ Coulomb.

Der Mittelwert ist 96700 Coulomb, also nur um 0,2 v. H. kleiner als der aus der Elektrolyse erhaltene. Allerdings sind die Abweichungen vom Mittelwerte sehr groß, wie dies zu erwarten ist, wenn in der einzelnen Reihe so wenig Beobachtungen enthalten sind.

Aus Daten wie den vorliegenden zu schließen, daß die Gleichung der Brownschen Bewegung einen Wert liefert, der zu niedrig ist, erscheint mir nicht vollauf gerechtfertigt, zumal in allen Fällen mit Öltropfen, wo eine große Anzahl von Beobachtungen gemacht worden ist, ein fester Wert von $Ne$ erhalten worden ist.

Falls sich der Wert von $Ne$ als ein kleiner Bruchteil von 96500 Coulomb herausstellen sollte, so würde das der bestmögliche Beweis dafür sein, daß entweder eine elektrische Ladung existierte, die das Elektron unterschreitet, oder daß die Gleichung für die Brownsche Bewegung nicht gültig ist. Wie früher[3]) nachgewiesen,

1) Phys. Rev. **33**, 81, 1911.

1) Diese Zeitschr. **16**, 10, 1915.
2) Diese Zeitschr. **12**, 161, 1911.
3) Phys. Rev. **33**, 91, 1911.

gehen nämlich alle die unsicheren Größen, wie die Dichte des Teilchens, die Gleitung an seiner Oberfläche usw., nicht in die Gleichung für $Ne$ ein. Und gerade weil diese Größen in die Bestimmung von $N$ und $e$ nicht eingehen, erhält man meines Erachtens unregelmäßige Werte. Beispielsweise gruppieren sich in meiner von Zerner angezogenen Arbeit die aus der Brownschen Bewegung erhaltenen Werte von $Ne$ übereinstimmend um einen konstanten Wert, während, wie Zerner hervorhebt[1]), einige der Werte von $N$ und $e$ beträchtlich von dem erwarteten konstanten Werte abweichen.

Der Hauptzweck dieser Arbeit war, die Gleichungen der Brownschen Bewegung zu verifizieren, die für die Verteilung und die Mittelwerte der Verschiebungen und der Fallzeiten entwickelt worden waren, sowie auch für die Bestimmung von $Ne$ für die Ionisation in Gasen. Aus diesem Grunde wurden keinerlei Vorsichtsmaßregeln getroffen, um Staubteilchen auszuschließen, weil man aus Staubteilchen gerade so genaue Werte erhalten würde wie aus Ölteilchen.

Um in dieser Arbeit für die 9 Teilchen vergleichbare Halbmesser zu erhalten, ohne das Gesetz des Widerstandes gegen die Bewegung zu kennen, verfuhren wir folgendermaßen:

Ist $E$ die elektrostatische Feldstärke, $e$ die Ladung an dem Teilchen, $m$ seine Masse, und sind $v$ und $v'$ seine Geschwindigkeiten unter Schwerkraft allein und gegen die Schwerkraft, wenn das elektrische Feld angelegt ist, so erhalten wir:

$$\frac{Ee}{mg} = \frac{v + v'}{v}. \qquad (1)$$

Diese Gleichung enthält nur die Annahme, daß die Widerstandskraft der resultierenden Geschwindigkeit proportional ist. Lösen wir sie nach $mg$ auf, und multiplizieren wir sie mit $N$, so erhalten wir:

$$Nmg = Ne\,\frac{Ev}{v + v'} = \varrho^3. \qquad (2)$$

Nun ist $\varrho$ eine Größe, die proportional $a$ ist, oder:

$$\frac{\varrho}{a} = \sqrt[3]{\frac{4}{3}\pi g \sigma N}, \qquad (3)$$

wo $\sigma$ die Dichte des Teilchens ist. $\varrho$ kann daher aus Daten berechnet werden, die genau bekannt sind (s. die andere Arbeit, S. 95).

Die nachstehende Tabelle zeigt die Ergebnisse dieser Rechnung.

| Tropfen Nr. | $a \times 10^5$ | $\varrho \times 10^{-4}$ | $\frac{\varrho}{a} \times 10^{-9}$ |
|---|---|---|---|
| 6 | 1,93 | 3,88 | 2,01 |
| 9 | 1,93 | 3,56 | 1,844 |
| 1 | 2,855 | 3,75 | 1,290 |
| 3 | 3,21 | 4,19 | 1,306 |
| 5 | 3,35 | 4,42 | 1,320 |
| 8 | 3,36 | 4,33 | 1,290 |
| 4 | 3,39 | 4,42 | 1,305 |
| 7 | 3,49 | 4,85 | 1,382 |
| 2 | 4,11 | 4,82 | 1,1163 |

In dieser Tabelle sind die Werte für $a$ nach der Millikanschen Formel für den Widerstand berechnet, und sie sind dieselben, die in der Arbeit von Zerner angegeben sind; $\varrho$ ist aus Gleichung (2) berechnet. Für die Teilchen 1, 3, 5, 8 und 4 ist der Wert von $\varrho/a$ konstant, ein Zeichen dafür, daß diese Teilchen offenbar Ölteilchen sind, die eine Dichte von 0,905 haben. Benutzen wir diesen Wert von $\sigma$ und den Mittelwert von $\varrho/a$, nämlich $1{,}302 \cdot 10^9$, in Verbindung mit der Gleichung (3), so finden wir $N = 59{,}4 \cdot 10^{22}$, und das steht in guter Übereinstimmung mit dem Millikanschen Werte $60{,}6 \cdot 10^{22}$.

Daß die Abweichungen der aus den übrigen vier Teilchen erhaltenen Werte sich leicht durch die Annahme anderer Dichten als 0,905 erklären lassen, läßt sich leicht durch eine Berechnung an Nr. 6 zeigen, das größere Abweichungen ergibt als irgendein anderes.

Wir wollen annehmen, dieses Teilchen habe eine Dichte von 0,42. Dann ist der Halbmesser, wie er sich aus der Widerstandsformel berechnet, $3{,}82 \cdot 10^{-5}$, und der Wert von $\varrho/a$ ist $1{,}016 \cdot 10^9$. Multiplizieren wir diese letzte Zahl mit der dritten Wurzel aus dem Verhältnis der Dichten, also mit $\sqrt[3]{\frac{0{,}905}{0{,}42}}$, so erhalten wir $1{,}31 \cdot 10^9$, einen Wert, der mit den anderen Konstanten gut übereinstimmt. Benutzen wir diesen Halbmesser und diese Dichte, so finden wir $e = 4{,}82 \cdot 10^{-10}$, und der aus den Gleichungen der Brownschen Bewegung berechnete Wert von $N$ ist $57{,}4 \cdot 10^{22}$. Der Wert von $N$ ist ziemlich niedrig; das stimmt zu dem für dieses Teilchen erhaltenen niedrigen Werte von $Ne$. Ich könnte noch hinzufügen, daß dies bei allen fünf Teilchen 1, 3, 5, 8, 4 der Fall ist, welche übereinstimmende Werte liefern; die Teilchen, welche niedrige Werte von $N$ liefern, ergeben auch niedrige Werte von $Ne$. Mit dieser Annahme über die Dichte ist alles in Ordnung, aber ohne sie besteht ein offenbarer Widerspruch.

Ich könnte ähnliche Berechnungen für die übrigen drei Teilchen anführen, aber das Gesagte genügt, um darzutun, daß alle die von

1) Ich habe diese Werte vor mehr als Jahresfrist aus denselben Werten von $N$ und $e$ der Millikanschen Formel berechnet.

Zerner aus diesen Daten berechneten unregelmäßigen Werte von $N$ und $e$ sich durch unregelmäßige Dichten erklären lassen, die daher rühren, daß man zuweilen Staubteilchen statt der Öltröpfchen faßt.

In der ersten Arbeit über die elektrische Elementarladung nach der Öltropfenmethode bemerkten wir, daß wir gelegentlich unregelmäßige Werte von $e$ erhielten, bis wir allen Staub ausschlossen, und auf diesen Punkt hat Herr Professor Millikan hingewiesen (Phys. Rev., April 1911, S. 367). Um zu zeigen, wie konstant sich $\varrho/a$ herausstellt, wenn man zur Erzeugung der Öltropfen staubfreie Luft verwendet, habe ich $\varrho/a$ aus den neuen Daten berechnet, die Herr Professor Millikan sorgfältig aufgenommen und im Augustheft von Phys. Rev. 1913, S. 134, veröffentlicht hat.

| Tropfen Nr. | $a \times 10^5$ | $v+v'$ | $v$ | $\varrho \cdot D$ | $\varrho$ | $\frac{\varrho}{a}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 46,16[1]) | 0,003203 | 0,2357 | 5168 | 60,65 | 1,316 |
| 56 | 36,53 | 0,001861 | 0,20256 | 1700 | 48,15 | 1,318 |
| 3 | 30,29 | 0,004996 | 0,1032 | 5100 | 39,90 | 1,315 |
| 9 | 25,71 | 0,005962 | 0,07375 | 5139 | 33,72 | 1,3115 |
| 39 | 20,12 | 0,008370 | 0,05115 | 5054 | 26,52 | 1,3165 |
| 21 | 15,80 | 0,009660 | 0,02893 | 5018 | 20,85 | 1,319 |
| 52 | 11,83 | 0,010775 | 0,02021 | 3,351 | 15,59 | 1,318 |
| 28 | 4,69 | 0,01595 | 0,01211[1]) | 514,5[1]) | 6,176 | 1,317 |

Ich glaube, angesichts dieser Tatsachen können wir folgende Schlüsse ziehen:

1. In den nach der Millikanschen Öltropfenmethode gewonnenen Daten ist keinerlei Beweis für die Existenz von Ladungen enthalten, welche den Wert von $4{,}78 \cdot 10^{-10}$ elektrostatischen Einheiten unterschreiten.

2. Die Gleichungen der Brownschen Bewegung liefern, wenigstens wenn man sie auf die Öltropfenmethode anwendet, Werte für $N$ und $e$, die mit den aus den Widerstandsgesetzen erhaltenen in vollkommenem Einklang stehen.

1) Diese Zahlen sind in der Phys. Rev. verdruckt.

Brigham Young Universität, 10. April 1915.

(Nach dem Manuskript aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 31. August 1915.)

## Notiz über die Berechnung der Brownschen Molekularbewegung bei der Ehrenhaft-Millikanschen Versuchsanordnung.

Von M. v. Smoluchowski.

In Anbetracht der Wichtigkeit, welche die Messungen von Millikan, Fletcher u. a. für die Begründung der Elektronentheorie erlangt haben, sowie der noch immer ungelösten Streitfrage nach der Erklärung der denselben widerstreitenden Versuche Ehrenhafts, mag es von Interesse sein, einen gewissen Punkt der darauf bezüglichen, insbesondere von Fletcher[1]) ausführlicher entwickelten mathematischen Theorie klarzustellen, wenn sich auch zeigt, daß die Schlußresultate der betreffenden Untersuchungen durch diese Berichtigung nicht wesentlich geändert werden.

Es handelt sich nämlich um die Aufgabe, die Kombination von Fallbewegung und Brownscher Bewegung mathematisch darzustellen und aus öfters wiederholten Messungen der Fallzeiten, welche einer bestimmten Fallstrecke entsprechen, jene beiden Bestandteile auszusondern.

Bekanntlich[2]) lautet die Wahrscheinlichkeit, daß ein unter Einfluß einer konstanten Kraft stehendes Teilchen, welches ursprünglich vom Punkte $x=b$ ausgegangen war, sich nach Ablauf der Zeit $t$ zwischen den Abszissen $x \cdots x+dx$ befinde:

$$W(x)dx = \frac{1}{2\sqrt{\pi Dt}} e^{-\frac{(x-b+ct)^2}{4Dt}} dx, \qquad (1)$$

wobei $c$ die bei Vernachlässigung der Brownschen Bewegungen durch die konstante Kraft hervorgebrachte Geschwindigkeit, $D$ den mit Gestalt des Teilchens und Zähigkeit des umgebenden Mediums zusammenhängenden „Diffusionskoeffizienten des Teilchens" bedeutet.

Die Wahrscheinlichkeit, daß ein solches Teilchen in jener Zeit durch die Ebene $x=0$ in den negativen Halbraum übergegangen sei, ist somit:

$$U(t) = \int_{-\infty}^{0} W(x)\,dx$$

und die Wahrscheinlichkeit, daß es wohl zur Zeit $t+dt$, aber noch nicht zur Zeit $t$ sich unterhalb der Nullebene befinde, ist offenbar

$$M(t)dt = \frac{dU}{dt}\,dt.$$

Wird der Exponent in (1) mit $y$ bezeichnet und führen wir dann die Abkürzung

$$\frac{b-ct}{\sqrt{Dt}} = \omega$$

ein, so erhalten wir sukzessive:

1) H. Fletcher, Phys. Rev. **33**, 81, 1911. Diese Arbeit bringt eine Verbesserung der Überlegungen, welche den Verf. zu der unrichtigen in dieser Zeitschr. **12**, 202, 1911 veröffentlichten Formel (20) geführt hatten. Anwendungen jener Theorie: H. Fletcher, Phys. Rev. **4**, 440, 1914; C. F. Eyring, Phys. Rev. **5**, 412, 1915.

2) Siehe Fletcher a. a. O. oder M. Smoluchowski, Bull. Acad. Cracovie 1913, S. 418.

$$M(t)dt = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{d}{dt} \int_{-\frac{b+ct}{2\sqrt{Dt}}}^{\infty} e^{-y^2} dy\, dt = e^{-\omega^2} \frac{d\omega}{dt} dt = \frac{b+ct}{4\sqrt{\pi D t^3}} e^{-\frac{(b-ct)^2}{4Dt}} dt. \quad (2)$$

Man könnte somit letzteren Ausdruck als die Wahrscheinlichkeit ansehen, daß jenes Teilchen im Zeitpunkte $t \cdots t+dt$ die Nullebene überschritten habe. Es ist aber wohl zu bemerken, daß dieselbe nicht der bei jener Versuchsanordnung beobachteten Häufigkeit der Überschreitung einer gegebenen Distanz entspricht. Denn man kontrolliert dabei nicht, ob sich das Teilchen in gegebenen Zeitmomenten oberhalb oder unterhalb eines Teilstriches befinde, sondern man pflegt den Zeitpunkt zu notieren, sobald das Teilchen zum ersten Mal den festen Nullstrich erreicht, und die Berechnung der Wahrscheinlichkeit für eine derartige Fallzeit ist ein wesentlich verschiedenes Problem.[1])

Ausführlicher dargestellt gibt es für die Lagenänderung des Teilchens vier Möglichkeiten:

A) für $t$ ist $x<0$; für $t+dt$ ist $x<0$,
B) „ „ „ $x>0$; „ „ „ $x>0$,
C) „ „ „ $x<0$; „ „ „ $x>0$,
D) „ „ „ $x>0$; „ „ „ $x<0$.

Eine der Fallbewegung entgegengesetzte Verschiebung im Sinne von (D) ist für längere Zeiträume natürlich wenig wahrscheinlich, muß aber für kurze Zeitintervalle fortwährend vorkommen, da in der Formel (1) der Einfluß des $c$ für $t=0$ verschwindet. Nun stellt die Formel (2) das zusammengesetzte Resultat dieser vier Möglichkeiten dar, in dem sie die Differenz der Häufigkeiten (C)—(D) angibt, während bei jener Meßmethode nur die ersten drei Möglichkeiten berücksichtigt werden.

Fletcher erwähnt in seiner oben erwähnten Arbeit diesen Unterschied nicht; seine Berechnungsmethode, welche im Grunde mit der obigen übereinstimmt, führt ihn somit dazu, die Formel (2) als Maß der Wahrscheinlichkeit für eine Fallzeit $t$ bei jener Versuchsanordnung anzusehen. Auf Grund dessen kommt er weiter zu dem Schlusse, daß die durchschnittlich zur Zurücklegung der Strecke $b$ erforderliche Fallzeit $\bar{t}$ größer ist als die normale, bei Wegfall der Brownschen Bewegung zu erwartende Fallzeit, welche kurz mit $t_g$ bezeichnet sei, nämlich:

$$\bar{t} = t_g + \frac{D}{c^2}. \quad (3)$$

Um weiter aus den Messungen der $t$ die Intensität der Brownschen Bewegung berechnen zu können, ermittelt Fletcher aus jener Formel separat die Durchschnittswerte der Fallzeiten, welche größer und jener, welche kleiner sind als $t_g$. Für die halbe Differenz dieser beiden Durchschnittswerte ergibt sich die Beziehung:

$$\tau = \frac{t_+ - t_-}{2} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \frac{t_g}{z^2} \int_0^{\infty} e^{-x} \sqrt{x+z^2}\, dx \quad (4)$$

(wobei $z$ eine Abkürzung ist für $z = \sqrt{\frac{bc}{D}}$), während ihre halbe Summe gleich ist dem allgemeinen Durchschnittswert: $\bar{t} = \frac{1}{2}(t_+ + t_-)$.

Durch Entwicklung des Integrals (4) erhält Fletcher schließlich die Näherungsformel:

$$z = \sqrt{\frac{bc}{D}} = \frac{t_g}{\tau} \frac{2}{\sqrt{\pi}} \left[ 1 + \frac{1}{2z^2} - \frac{1}{4z^4} + \cdots \right], \quad (5)$$

welche ihm zur Berechnung des $D$ aus den experimentell ermittelten $\tau$-Werten dient.

Das in Wirklichkeit vorliegende, oben näher präzisierte Problem bildet eine Verallgemeinerung einer Aufgabe, welche ich unlängst bei einer anderen Gelegenheit[1]) behandelt habe, nämlich der Bestimmung der Wahrscheinlichkeit, daß ein bloß der Brownschen Bewegung unterworfenes Teilchen bis zu einem bestimmten Zeitpunkte eine gewisse, vorher noch nicht erreichte positive Verschiebung erfahre. Hier ist die Sache insofern komplizierter, als noch der Einfluß der Schwerkraft dazukommt; es ließe sich zwar dieselbe direkte Methode anwenden, welche dort zum Ziele führte, doch ist es weit einfacher, eine andere indirekte Schlußweise zu benutzen, welche

1) Merkwürdigerweise erklärt keiner der zahlreichen Beobachter, die Messungen dieser Art vorgenommen haben, nach welcher Methode sie bei Notierung der Fallzeit vorgingen, falls das Teilchen einmal nach Überschreitung eines Teilstriches sich anfangs wieder rückläufig, der Schwere entgegen, bewegte, den eben passierten Teilstrich beim Aufsteigen und dann wieder beim Herabsinken durchschritt und später den nächsten Teilstrich erreichte. Wir wollen annehmen, daß immer die Zeitpunkte der erstmaligen Erreichung des Teilstriches notiert werden. Es läßt sich zwar auch Gleichung (2) anwenden, was aber ein viel komplizierteres Verfahren zur Berechnung der Beobachtungen voraussetzt, in dem dann die Zeitintervalle für rechtläufige Durchkreuzungen als positiv, jene für rückläufige als negativ einzustellen wären.

1) M. v. Smoluchowski: „Über durchschnittliche maximale Abweichung bei Brownscher Molekularbewegung und Brillouins Diffusionsversuche“ Wien. Ber. **124**, 263, 1915. Die daselbst entwickelte Formel (1) geht durch den Grenzübergang

$$\lim \frac{a_{nm}}{2\tau} \left( \text{für } m = \frac{t}{\tau},\ D = \frac{\delta^2}{2\tau},\ b = n\delta,\ \lim \frac{n}{m} = 0 \right)$$

in unsere Formel (8) (für den Fall $c=0$) über. Daraus würde man auch auf einfache Weise die Formel (15) jener Arbeit erhalten.

sich dort als berechtigt erwies und auch für den jetzigen Fall ohne weitere Rechnung verallgemeinern läßt.

Die Formel (1) läßt sich nämlich auch als Verteilungsgesetz für eine Substanz auffassen, welche zu Anfang der Zeit im Punkte $x = 0$ konzentriert war und sodann mit der konstanten Geschwindigkeit $c$ zu Boden sinkt, während sie sich gleichzeitig durch Diffusion (nach Maßgabe des Diffusionskoeffizienten $D$) allseits verbreitet. Sie bildet also das zur quellenmäßigen Darstellung erforderliche partikuläre Integral der Differentialgleichung[1]) für Diffusion einer schweren Substanz, welche lautet:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = D\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + c\frac{\partial u}{\partial x}. \qquad (6)$$

Wenn wir aber nach der Wahrscheinlichkeit der „erstmaligen" Überschreitung der Abszisse $x = 0$ fragen, so handelt es sich um die Verteilung mit der Nebenbedingung, daß ein Teilchen in dem Augenblick von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen wird, wenn es in der Nullebene ankommt. Eine Illustration gäbe beispielsweise die Verteilung von Gummiguttteilchen, welche in schwach angesäuertem wässerigen Medium suspendiert, vom Punkte $x = b$ ausgehen und beim Auftreffen auf eine in der Nullebene befindliche Glaswand an derselben kleben bleiben[2]).

Wir benötigen somit das Quellenintegral der obigen Differentialgleichung für den Fall, daß in der Nullebene fortwährend die Konzentration $u = 0$ aufrecht erhalten wird. Hierfür habe ich folgenden Ausdruck gefunden:

$$u = \frac{1}{2\sqrt{\pi D t}} e^{-\frac{ct}{4D} - \frac{c(x-b)}{2D}} \left[ e^{-\frac{(x-b)^2}{4Dt}} - e^{-\frac{(x+b)^2}{4Dt}} \right]. \qquad (7)$$

Man überzeugt sich durch Ausrechnen leicht, daß durch denselben sowohl die Differentialgleichung (6) wie die Grenzbedingungen: $u = 0$ für $x = 0$ und $x = \infty$, erfüllt sind, und daß er sich für äußerst kurze Zeiten $t$, bei welchen der Einfluß der Schwere im Vergleich zur Diffusion verschwindet, auf die Gleichung (1) reduziert.

Hieraus ergibt sich schließlich der von uns gesuchte Ausdruck für die Wahrscheinlichkeit, daß das von $b$ ausgehende Teilchen zum erstenmal in der Zeit $t \cdots t + dt$ die Nullebene überschreite:

$$M(t)\,dt = D\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{x=0} dt = \frac{b\,e^{-\frac{(b-ct)^2}{4Dt}}}{2\sqrt{\pi D t^3}}\,dt. \qquad (8)$$

Falls annähernd $b = ct$ ist, also insbesondere bei Vorherrschen der Schwerebewegung, verschwindet somit der Unterschied gegenüber der Formel (2), für den entgegengesetzten Grenzfall ergibt jedoch unsere Formel zweimal so große Werte als jene. Aus (8) erhalten wir nun an Stelle von (3)—(5) folgende Resultate:

$$\bar{t} = \frac{b}{c} = t_g, \qquad (9)$$

$$\tau = \frac{t_+ - t_-}{2} = 2t_g \frac{J}{1 - J^2},$$

wobei gesetzt ist:

$$J = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} \frac{z\,e^{-z^2}}{\sqrt{z^2 + \frac{cb}{D}}}\,dz = \frac{2\,e^{\frac{cb}{D}}}{\sqrt{\pi}} \int_{\sqrt{\frac{cb}{D}}}^{\infty} e^{-y^2} dy. \qquad (10)$$

Für den Fall eines kleinen Wertes des Verhältnisses $z^2 = \frac{cb}{D}$ reduziert sich der letztere Ausdruck durch Benutzung der Formel:

$$\int_a^{\infty} e^{-y^2} dy = \frac{e^{-a^2}}{2a}\left[1 - \frac{1}{2a^2} + \quad\right]$$

in erster Näherung auf:

$$\tau = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\, t_g \frac{1}{z}\left[1 - \frac{\pi - 2}{2\pi}\frac{1}{z^2} + \cdots\right]. \qquad (11)$$

Somit sind Fletchers Formeln (4) und (5) bei Beschränkung auf das Glied erster Ordnung brauchbar und ihre Mängel zeigen sich erst in den höheren Gliedern der Entwicklung. Doch ist die Übereinstimmung nicht so weitgehend als es den Anschein hat, denn falls man jene Formeln in konsequenter Weise benutzen würde, müßte man als normale Fallzeit $t_g$, in bezug auf welche die Durchschnittswerte $t_+$, $t_-$ gebildet werden, nicht den Gesamtdurchschnitt der Fallzeiten $\bar{t}$, sondern den kleineren Wert (3) ansehen, was im berechneten $\tau$ schon einen Fehler von der Größenordnung $\frac{1}{z}$ hervorrufen müßte.

Daß Fletchers Resultate trotzdem sehr angenähert richtig sind, ist dem Umstande zu verdanken, daß er in seinen späteren Arbeiten die unrichtige Gleichung (3) gar nicht benutzt, sondern den Wert von $t_g$ aus der durchschnittlichen Gesamtfallzeit des Teilchens über die ganze Skala mittels einfacher Division durch die Anzahl der

1) Ebensogut könnte dieselbe als Darstellung von Wärmeleitung, verbunden mit konvektiver Strömung in Richtung der negativen $X$, interpretiert werden.

2) Siehe z. B. die a. a. O. diskutierten Versuche Brillouins.

Teilstriche berechnet. Unsere Formel (9) beweist, daß dieser Vorgang, welcher äquivalent ist mit der Durchschnittsbildung der individuellen Fallzeiten über die einzelnen Skalenteile, wirklich den richtigen Wert liefert; gleichzeitig treten aber eben darin die Widersprüche zutage, welche jene Gleichung (3) in sich schließt.

Übrigens bemerken wir, daß die normale Fallzeit nicht gleich ist dem Mittel der Durchschnittswerte $t_+$ und $t_-$, sondern es gilt angenähert:

$$\frac{1}{2}(t_+ + t_-) = t_g\left(1 + \frac{2}{\pi z^2}\right). \qquad (12)$$

Diese Formel findet sich tatsächlich der Größenordnung nach durch jene Messungen bestätigt. Die Differenzen zwischen unserer Formel (8) und Fletchers Formel (2) lassen sich an dem vorliegenden Versuchsmaterial leider nicht experimentell kontrollieren, da die in der ersten Arbeit jenes Forschers angeführten Messungen hierzu nicht zahlreich genug sind, während wieder bei den späteren, viel umfangreicheren Untersuchungen die betreffenden Einzeldaten nicht mitgeteilt sind.

Im ganzen muß wohl zugegeben werden, daß Fletchers Formeln eine recht gute Näherung an die im obigen entwickelte exakte Theorie bilden. Was aber die Verwertung derartigen Beobachtungsmaterials zur Bestimmung der Brownschen Bewegung anbelangt, erscheint ein anderes Rechnungsverfahren rationeller, obwohl es etwas komplizierter ist, nämlich jenes, welches von Weiß angegeben und auch von Ehrenhaft u. a. benutzt worden ist.

Es stützt sich auf die von Weiß allerdings ohne hinreichende Begründung aufgestellte Gleichung[1]):

$$2D = \left(\frac{\overline{\Delta^2}}{t}\right) = \left(\frac{b}{t}\right)^2 \left[\frac{\overline{(t-t)^2}}{t}\right], \qquad (13)$$

welche wir durch Entwicklung des Quadrates weiter in die einfachere Form überführen können:

$$2D = b^2\left[\left(\frac{1}{t}\right) - \frac{1}{t}\right]. \qquad (14)$$

Es würde demnach die Differenz zwischen dem durchschnittlichen Wert der reziproken Fallzeiten und dem reziproken Wert der durchschnittlichen Fallzeit ein direktes Maß für die Brownsche Bewegung bilden. An der Hand unseres Verteilungsgesetzes (8) läßt sich nun diese Formel leicht verifizieren, indem man in das zur Berechnung des durchschnittlichen $\left(\frac{1}{t}\right)$ Wertes dienende Integral die Variable $\omega$ [vgl. (2)] substituiert und dasselbe durch Rationalisieren der Wurzelausdrücke und Weglassen der die unpaaren Potenzen von $\omega$ enthaltenden Glieder vereinfacht. Es hat somit Weiß mit jener Formel wirklich das Richtige getroffen.

Die Bildung des $\left(\frac{1}{t}\right)$ erfordert wohl einen größeren Rechenaufwand als die Bildung der $\tau$-Werte, doch dürften dabei zufällige Fehler den resultierenden $D$-Wert weniger beeinflussen als bei Benutzung der Formel (5).

Übrigens kommt für den Vergleich jener Versuche mit der Theorie der Brownschen Bewegung noch ein weiterer, namentlich für ultramikroskopische Teilchen wichtiger Umstand in Betracht, dem wir eine eigene Studie widmen möchten, nämlich der Unterschied zwischen der wirklichen und der sichtbaren Bewegung.

Abschließend sei bemerkt, daß wir im Obigen zwar die praktischen Anwendungen unserer Untersuchung auf die erwähnten Versuche in den Vordergrund gestellt haben, daß uns aber das theoretische Interesse derselben hauptsächlich in dem Zusammenhang mit dem früher von uns behandelten Wahrscheinlichkeitsproblem und mit dem Integral der Differentialgleichung (6) zu liegen scheint.

Krakau, Physikalisches Institut d. Universität, Juli 1915.

(Eingegangen 1. September 1915.)

1) E. Weiß, Wien. Ber. **120**, (2a), 1021, 1911; siehe daselbst S. 1029. Weiß nimmt stillschweigend die Vertauschbarkeit von $\frac{\overline{\Delta^2}}{t}$ mit $\left(\frac{\overline{\Delta^2}}{t}\right)$ an, welche nicht allgemein gültig sein kann und wohl nur in diesem Spezialfall gelten dürfte, wo eine konstante Kraft mitspielt.

## Über die zeitliche Veränderlichkeit der Gruppierung von Emulsionsteilchen und die Reversibilität der Diffusionserscheinungen[1]).

Von M. v. Smoluchowski.

§ 1. Problemstellung. Die bisherigen Untersuchungen[2]) über Dichte- und Konzentrationsschwankungen von Gasen, kolloidalen Lösungen und Emulsionen waren auf Ermittlung des Gesetzes gerichtet, welches die Wahrscheinlichkeit einer gewissen Abweichung von vollständig homogener Teilchenverteilung bestimmt. Im Grenzfalle eines idealen Gases, bzw. einer

1) Auszugsweise vom Verf. mitgeteilt nach zwei Arbeiten, von denen die eine in den Wien. Ber. **123**, 2381, 1914 erschienen ist, die andere ebendaselbst **124**, 1915, erscheinen wird.

2) Literaturangaben: M. v. Smoluchowski, diese Zeitschr. **13**, 1069, 1912; Th. Svedberg, Jahrb. d. Radioakt. **10**, 467, 1913; siehe außerdem R. Lorenz u. W. Eitel, Zeitschr. f. phys. Chem. **87**, 293, 434, 1914; R. Costantin, C. R. **158**, 1341, 1914.

verdünnten Emulsion, gilt hierfür, wie ich seiner Zeit gezeigt habe, das einfache Gesetz:

$$W(n) = e^{-\nu}\frac{\nu^n}{n!}, \qquad (1)$$

wo $\nu$ die bei homogener Verteilung auf das betrachtete Volum entfallende Teilchenzahl, $n$ jene Anzahl bedeutet, deren Wahrscheinlichkeit erwogen wird.

Daraus folgt für das mittlere Schwankungsquadrat der prozentuellen Verdichtung $\delta$ die seitdem viel benutzte Formel:

$$\overline{\delta^2} = \overline{\left(\frac{n-\nu}{\nu}\right)^2} = \frac{1}{\nu}, \qquad (2)$$

welche, ebenso wie (1), an verschiedenerlei verdünnten Emulsionen sowohl mittels subjektiver Zählungen (Svedberg, Westgren, Ilijn) wie auch photographischer Aufnahmen (Perrin und Costantin) experimentell bestätigt worden ist.

Als Beispiel, welches uns auch weiterhin als Anhaltspunkt dienen wird, mag eine von Svedberg[1]) explizite mitgeteilte Zahlenreihe dienen, welche die Anzahl von Teilchen angibt, die in einer 2 $\mu$ dicken Schicht einer kolloidalen Goldemulsion bei intermittierender Beleuchtung (in Intervallen von $^1/_{30}$ Minute) beobachtet wurden. Diese Zahlenreihe, von der hier nur der Anfang angeführt sei:

1200020013241231021111311251 .....

zeigt, daß die Teilchenzahl in diesem Falle sehr rasch schwankt. Wird dagegen die Zähigkeit des flüssigen Mediums durch Zusatz von Zucker, Glyzerin, Harnstoff u. dgl. erhöht, so bleibt zwar die Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Zahlen (1) und der Betrag der mittleren Abweichung unverändert, aber die Geschwindigkeit der Schwankungen ist stark herabgesetzt.

Als Maß dieser zeitlichen Veränderlichkeit der Teilchenzahl, welche offenbar mit der Geschwindigkeit der Brownschen Bewegung der Teilchen zusammenhängt, setzt man am besten den durchschnittlichen Betrag des Quadrates des Unterschiedes je zweier aufeinanderfolgender Zahlen fest.

Das Problem, welches durch dieses Beispiel nahegelegt wird, besteht nun darin, die Größe dieses Änderungsquadrates sowie überhaupt die relative Häufigkeit einer jeden vorgegebenen Änderung der Teilchenzahlen zu bestimmen. Es ist das ein wesentlich schwierigeres Problem als das vorher besprochene, denn während die Größe der Schwankungen von einem ganz allgemeinen Verteilungsgesetz der statistischen Mechanik beherrscht wird, hängt die Schwankungsgeschwindigkeit von der Art der Schwankungen und dem individuellen Charakter des betreffenden Systems ab.

In dem einfachsten Spezialfall, nämlich für astatische Systeme, ist die Lösung durch die Formeln der gewöhnlichen Brownschen Bewegung gegeben. Außerdem war bisher noch ein zweites Beispiel[1]) gelöst, betreffend Systeme, in welchen Stabilität durch eine elastische Kraft hervorgerufen wird. Dasselbe bietet insofern ein theoretisches Interesse, da man daran zum erstenmal den allmählichen Übergang vom makroskopisch irreversibeln Verhalten zu den ungeordneten Molekularbewegungen verfolgen konnte, ist aber experimentell bisher nicht realisiert worden.

§ 2. Ableitung der Grundformeln. In dem vorliegenden Falle untersuchen wir vorerst, mit welcher Wahrscheinlichkeit $W_n(+k)$ zu erwarten ist, daß eine in dem betrachteten Volum anfangs vorhandene Teilchenzahl $n$ nach Ablauf eines gegebenen Zeitintervalles um $k$ Einheiten wachse. Eine solche Änderung kommt auf $n$ verschiedene Arten zustande, welche auf Austritt von $i$ inneren Teilchen und zugleich Eintritt von $(i+k)$ äußeren Teilchen beruhen. Wenn die Wahrscheinlichkeiten dieser Austritts- und Eintrittsereignisse durch $A_i$ bzw. $E_i$ berechnet werden, gilt infolge der Unabhängigkeit der Bewegungen der einzelnen Teilchen:

$$W_n(+k) = \sum_{i=0}^{i=n} A_i E_{i+k}. \qquad (3)$$

Um nun die $A$-Glieder zu berechnen, nehmen wir vorerst an, daß sich in der betrachteten Schicht anfangs ein einziges Teilchen befinde; dann sind für dasselbe alle Abszissen von $x=0$ bis $x=h$ gleich wahrscheinlich. Da nun gemäß den Formeln für Brownsche Bewegung die Wahrscheinlichkeit, daß während der Zeit $t$ eine Verschiebung $\xi \cdots \xi + d\xi$ erfolge, gegeben ist durch:

$$W(\xi)\,d\xi = \frac{1}{2\sqrt{\pi D t}} e^{-\frac{\xi^2}{4Dt}} d\xi, \qquad (4)$$

wo der Diffusionskoeffizient $D$ im Falle kugelförmiger Teilchen sich aus der Relation bestimmt:

$$D = \frac{HT}{N}\frac{1}{6\pi\mu a},$$

so wird die Wahrscheinlichkeit für den Austritt jenes Teilchens aus der Schicht $h$ nach der einen oder anderen Seite hin bestimmt sein durch:

1) Th. Svedberg, Zeitschr. f. phys. Chem. 77, 147, 1911.

1) M. v. Smoluchowski, Bull. Acad. Cracovie 1913, S. 418, Göttinger Vorträge über die kinet. Theorie der Materie, Leipzig 1914, S. 87.

$$P = 2\int_0^h dx \int_x^\infty W(\xi)\, d\xi = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}}\int_0^\beta e^{-y^2} dy + \frac{1}{\beta\sqrt{\pi}}\left[1 - e^{-\beta^2}\right], \tag{5}$$

wobei zur Abkürzung $\beta = \frac{h}{2\sqrt{\pi Dt}}$ gesetzt ist.

Wenn aber in jener Schicht anfangs nicht eines, sondern $n$-Teilchen vorhanden sind, so wird die Wahrscheinlichkeit, daß $i$ beliebige darunter austreten und die übrigen $(n - i)$ in derselben verbleiben, mit Rücksicht auf alle möglichen Kombinationen betragen:

$$A_i = \binom{n}{i} P^i (1-P)^{n-i}. \tag{6}$$

Wäre uns andererseits die anfängliche Anzahl der Teilchen $n$ gar nicht gegeben, sondern wollte man unter Voraussetzung eines stationären Zustandes berechnen, mit welcher Wahrscheinlichkeit im allgemeinen der Austritt von $m$-Teilchen in der Zeit $t$ zu erwarten ist, so würde hierfür mit Rücksicht auf das Verteilungsgesetz (1) resultieren:

$$\overline{A}_m = \sum_{n=m}^{\infty} W(n) A_m = \frac{(\nu P)^m}{m!} e^{-\nu P}. \tag{7}$$

Genau dieselbe Formel muß aber auch für die von der Anzahl der bereits anwesenden Teilchen ganz unabhängige Eintrittswahrscheinlichkeit äußerer Teilchen $E_m$ gelten, da im stationären Zustand der Vorgang des Aus- und Eintrittes gleichberechtigt ist. Somit nimmt nunmehr die Formel (3) die endgültige Gestalt an:

$$W_n(+k) = e^{-\nu P} \sum_{m=0}^{m=n} \binom{n}{m} (1-P)^{n-m} P^m \frac{(\nu P)^{m+k}}{(m+k)!}, \tag{8}$$

und analog erhält man für die Wahrscheinlichkeit einer Verminderung der ursprünglichen Teilchenzahl $n$ von $k$-Einheiten:

$$W_n(-k) = e^{-\nu P} \sum_{m=k}^{m=n} \binom{n}{m} (1-P)^{n-m} P^m \frac{(\nu - P)^{m-k}}{(m-k)!}. \tag{9}$$

Auf Grund dieser Formeln kann man nun das durchschnittliche Quadrat der zu einer anfänglichen Teilchenzahl $n$ gehörigen Änderung bilden, und zwar ergibt sich nach Ausführung recht komplizierter Summationen das einfache Resultat:

$$\overline{\Delta_n^2} = [(n-\nu)^2 - n] P^2 + (n+\nu) P, \tag{10}$$

woraus schließlich für eine unbestimmte Anfangszahl $n$ mit Rücksicht auf (1) das allgemeine Änderungsquadrat resultiert:

$$\overline{\Delta^2} = \Sigma W(n) \overline{\Delta_n^2} = 2\nu P. \tag{11}$$

In ähnlicher Weise erhält man den durchschnittlichen Betrag der im Intervall $t$ erfolgenden Änderung:

$$\overline{\Delta_n} = (\nu - n) P. \tag{12}$$

Läßt man aber hierbei sämtliche Zahlen $n$ nach Maßgabe des Häufigkeitsgesetzes (1) zu, so resultiert natürlich der allgemeine Durchschnittswert Null $\overline{\Delta} = 0$.

§ 3. Diskussion und Vergleich mit Svedbergs Messungen. Bemerkenswert ist vor allem, daß die Formel (12) genau mit dem Resultate übereinstimmt, welches für unseren Fall die gewöhnliche Diffusionstheorie liefert, wenn man die in der Zeit $t$ erfolgende Änderung des Inhalts einer Schicht $h$ berechnet, welche anfänglich die gleichförmige Konzentration $\frac{n}{h}$ besitzt und von einem unbegrenzten Medium anderer Konzentration $\left(\frac{\nu}{h}\right)$ umgeben ist. Dies ist auch leicht verständlich, da die Formel (1) das Quellenintegral der Differentialgleichung der Diffusionstheorie bildet und unser Beispiel sozusagen die mikroskopische Analyse des Diffusionsvorganges darstellt.

Dagegen ist (11) mit der Einsteinschen Formel der Brownschen Bewegung $\overline{\Delta x^2} = 2Dt$ in Parallele zu setzen. Die Abhängigkeit von der Zeit ist allerdings eine ganz andere; da es sich um ein statisches System handelt, konvergiert das Veränderlichkeitsquadrat infolge $\lim_{t=\infty} P = 1$ mit Wachsen der Zeitintervalle gegen einen festen Grenzwert: $\overline{\Delta^2} = 2\nu$. Derselbe muß natürlich doppelt so groß sein als das Schwankungsquadrat $\overline{(n-\nu)^2} = \nu$ (vgl. 2)), da für genügend lange Intervalle die Schwankungen in den betreffenden zwei Momenten voneinander unabhängig werden.

Für kurze Zeiten geht dagegen $P$ über in:

$$\lim P = \frac{1}{\beta\sqrt{\pi}} = \frac{2}{h}\sqrt{\frac{Dt}{\pi}}, \tag{13}$$

und dementsprechend würde $\lim_{t=0} \overline{\Delta^2}$ gegen Null konvergieren. In Wirklichkeit existiert allerdings eine Grenze für die Gültigkeit dieser Gleichung, da die Formel (4) für Brownsche Bewegung, wie auch die übliche Diffusionstheorie, nur für Zeiten anwendbar sind, welche die Bedingung erfüllen: $t >> \frac{6D}{c^2}$. Für erheb-

lich kürzere Zeiten wäre dagegen $P$ seiner Bedeutung nach zu ersetzen durch den Ausdruck[1]):

$$\lim_{t=0} P = \frac{2\,C\,t}{h\sqrt{6\,\pi}}. \qquad (14)$$

Um nun eine Vergleichung unserer Theorie mit dem Svedbergschen Zahlenmaterial auszuführen, bilden wir die Quadratsumme der Differenzen je zwei aufeinanderfolgender Zahlen der eingangs erwähnten Zahlenreihe, was $\overline{\Delta^2} = 2{,}25$ ergibt; mit Rücksicht auf (11) und den Wert des Zahlenmittels $\nu = 1{,}55$ sollte also der Austrittskoeffizient $P = 0{,}726$ betragen. Andererseits folgt aus der Formel (4) für $\mu = 0{,}0107$, $a = 19\ \mu\mu$, $N = 6{,}06 \cdot 10^{23}$ der Wert des Diffusionskoeffizienten der Goldteilchen $D = 1{,}04 \cdot 10^{-7}$ und hieraus erhält man mittels näherungsweiser Lösung von (5) die theoretischen Werte $\beta = 0{,}25$ und $P = 0{,}86$.

Da die als Grundlage der Rechnung dienenden Größen nur beiläufig bestimmt wurden, ist die Übereinstimmung wohl ganz genügend zu nennen, um so mehr als Svedberg bei jenen mittels Keimflüssigkeit hergestellten Goldsolen eine wahrscheinlich infolge Abweichung der Teilchen von der Kugelgestalt herrührende Verlangsamung der Brownschen Bewegung konstatierte, die hier in dem eben beobachteten Sinne wirken müßte.

Wollen wir nun auch die Formel (10), sowie die Grundformeln unserer Theorie (8), (9) kontrollieren, so legen wir am besten eine Statistik der 512 in jener Reihe enthaltenen Ambo-Gruppen (bestehend aus je zwei aufeinanderfolgenden Zahlen) an. Die Ergebnisse derselben, nämlich die experimentellen Anzahlen der verschiedenen $nm$-Gruppen sind in der Tabelle I verzeichnet[2]) und zum Vergleich sind die unter Annahme des Wertes $P = 0{,}726$ theoretisch zu erwartenden Werte darunter gesetzt. Letztere resultieren offenbar aus dem Produkt der Gesamtzahl der Gruppen mit der nach (1) zu berechnenden Wahrscheinlichkeit $W(n)$, daß die Zahl $n$ erscheine, und mit der durch (8), (9) bestimmten Wahrscheinlichkeit $W(n, m)$, daß hierauf die Zahl $m$ folge.

Hier gilt also für

$$m > n\colon\ W(n, m) = W_n(+(m-n)),$$

dagegen für

$$m < n\colon\ W(n, m) = W_n(-(n-m)).$$

Die Berechnung letzterer Ausdrücke kann man sich übrigens bedeutend erleichtern, indem man die leicht verifizierbare Rekursionsformel benutzt:

$$W(n, m) = P \cdot W(n-1, m) + (1-P)\,W(n-1, m-1). \qquad (15)$$

Auf Grund jener Statistik ermittelt man sodann die Werte $\Delta_n^2$, indem man für jedes $n$ das Quadratmittel der Differenzen derselben in bezug auf die nachfolgenden $m$ bestimmt. Die so erhaltenen experimentellen Werte sind zum Vergleich mit den nach Formel (10) berechneten in der Tabelle II zusammengestellt.

I. Häufigkeitszahlen der verschiedenen Gruppen $(n\,m)$.

| $n=$ | $m=$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | exp. | 45 | 35 | 19 | 7 | 5 | — | — | — |
| | ber. | 35,3 | 39,7 | 22,3 | 8,3 | 2,4 | 0,5 | 0,1 | — |
| 1 | exp. | 40 | 55 | 40 | 17 | 10 | 1 | — | 1 |
| | ber. | 39,7 | 59,6 | 42,0 | 18,9 | 6,2 | 1,6 | 0,3 | 0,1 |
| 2 | exp. | 19 | 42 | 35 | 24 | 6 | 2 | 1 | — |
| | ber. | 22,3 | 42,0 | 36,3 | 19,5 | 7,5 | 2,2 | 0,5 | — |
| 3 | exp. | 6 | 23 | 22 | 13 | 5 | — | — | — |
| | ber. | 8,3 | 18,9 | 19,5 | 12,5 | 5,6 | 1,9 | 0,5 | — |
| 4 | exp. | 2 | 8 | 10 | 4 | 6 | 2 | — | — |
| | ber. | 2,4 | 6,2 | 7,5 | 5,6 | 2,9 | 1,1 | 0,3 | — |
| 5 | exp. | — | 1 | 2 | 2 | — | — | — | — |
| | ber. | 0,5 | 1,6 | 2,2 | 1,9 | 1,1 | 0,5 | 0,2 | — |

II. Werte des Änderungsquadrates $\overline{\Delta_n^2}$.

| $n=$ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\overline{\Delta_n^2}$ exp. | 2,29 | 1,77 | 1,55 | 2,51 | 4,70 | 8,40 |
| $\overline{\Delta_n^2}$ ber. | 2,39 | 1,48 | 1,63 | 2,83 | 5,08 | 8,39 |

Die Übereinstimmung des theoretischen und experimentellen Zahlenbildes ist wohl sehr befriedigend, so gut als man es bei der nicht sehr großen Anzahl von Beobachtungen und dem hierdurch gesteigerten Einfluß zufälliger Abweichungen nur erwarten kann.

§ 4. Begriff der Wiederkehrzeit. Reversibilität der Diffusion. Durch Vergleich der Entwicklungen (8), (9) kann man leicht nachweisen, daß die Identität besteht: $W(n\,m) = W(m\,n)$, daß also in der Tabelle I die beiderseits der Diagonale 00—55 symmetrisch liegenden Werte gleich sind. Wie also

1) Die Formel (4) gilt nämlich nur für Zeiten von höherer Größenordnung als die Dauer der „annähernd geradlinigen Bewegung" des Teilchens. Obige Bedingung folgt auch daraus, daß die Zahl der Teilchen $N\sqrt{\frac{D}{\pi t}}$, welche infolge Diffusion über die Trennungsfläche zwischen einer anfänglich gleichförmig konzentrierten Schicht und dem leeren Halbraum übertreten, jedenfalls nicht größer sein kann als die ganze von einer Seite pro Zeiteinheit auftretende Teilchenzahl $\frac{NC}{\sqrt{6\pi}}$. Letzterer Ausdruck tritt in dem Grenzwert (14) auf.

2) Hierbei sind einige Ungenauigkeiten der betreffenden eingangs erwähnten Arbeit berichtigt.

von vornherein zu erwarten war, ist im stationären Zustand die Wahrscheinlichkeit, daß auf eine Teilchenzahl $n$ ein $m$ folge, ebenso groß wie die Wahrscheinlichkeit, daß jener Zahl $n$ in einem gleich großen Zeitintervall ein $m$ vorausgegangen sei. Darin äußert sich offenbar die Umkehrbarkeit der Zeitfolge, welche von Loschmidt als allgemeine Eigenschaft der konservativen Systeme erkannt worden war. Derartige diffusive Konzentrationsänderungen sind also natürlich immer prinzipiell reversibel.

Daß die Diffusion trotzdem unter gewissen Bedingungen scheinbar in irreversibler Weise verläuft, können wir begreifen, wenn wir die Länge der Wiederkehrzeit berechnen. Unter „durchschnittlicher Wiederkehrzeit" eines physikalisch beobachtbaren Zustandes, der durch einen gewissen Parameterwert gekennzeichnet ist, wollen wir nämlich die Länge des Zeitraumes verstehen, welcher durchschnittlich vom Aufhören jenes Zustandes bis zu dessen nächstem Wiedereintritt verfließt[1]) (wobei die Durchschnittsbildung sich auf sämtliche Eintrittsereignisse bezieht).

Ziehen wir also einen bestimmten Wert $n$ der Teilchenzahl in Betracht; es sei dann $N_k$ die innerhalb eines gewissen, sehr langen Zeitabschnittes auftretende Anzahl solcher Fälle, welche durch gerade $(k-1)$-fache Wiederholung der betreffenden Zahl charakterisiert sind, und analog sei $M_k$ die Anzahl der Fälle, wo die betreffende Zahl gerade während $k$-Intervalle nicht erscheint. Dann wird jene Wiederkehrzeit $\Theta_1$ (welche auch als durchschnittliche Dauer des Nicht-$n$-Zustandes bezeichnet werden könnte) dargestellt durch:

$$\Theta_1 = \tau \frac{M_1 + 2M_2 + 3M_3 + \cdots}{M_1 + M_2 + M_3 + \cdots}, \qquad (16)$$

wo $\tau$ die Dauer eines Intervalles bedeutet.

Andererseits läßt sich die Größe $W(n)$, sowie die Wahrscheinlichkeit $W_n(o)$, daß ein schon vorhandener $n$-Wert im nächsten Intervalle wiederum auftrete, ausdrücken durch:

$$W(n) = \frac{N_1 + 2N_2 + 3N_3 + \cdots}{N_1 + 2N_2 + 3N_3 + \cdots \; M_1 + 2M_2 + 3M_3 + \cdots} \qquad (17)$$

$$W_n(o) = \frac{N_2 + 2N_3 + 3N_4 + \cdots}{N_1 + 2N_2 + 3N_3 + \cdots}. \qquad (18)$$

1) In etwas abweichender Weise habe ich diesen Begriff loc. cit. (Göttinger Vorträge, S. 110) eingeführt; obige Fassung ist wohl geeigneter. Der von Boltzmann für einen gewissen Fall berechnete Poincarésche Quasi-Periodizitäts-Zyklus hat demgegenüber nur eine abstrakte Bedeutung, unter anderem auch deswegen, weil bei demselben die physikalisch nicht beobachtbare Individualität der Moleküle eine wesentliche Rolle spielt.

Wenn man nun berücksichtigt, daß

$$\Sigma N_k = \Sigma M_k$$

sein muß, so ergibt sich aus diesen drei Formeln der von uns gesuchte Wert der Wiederkehrzeit:

$$\Theta_1 = \frac{\tau}{W(n)} \frac{1 - W(n)}{1 - W_n(o)}. \qquad (19)$$

Auch diese Formel kann an der Svedbergschen Zahlenreihe geprüft werden, und zwar ergibt die empirische Bestimmung von $\Theta_1$ auf Grund der Definition (16) und die Berechnung nach (19) bei Annahme der Intervalldauer $\tau$ als Einheit, folgendes Bild:

| $n =$ | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Theta_1$ | exp. | 4,48 | 3,09 | 3,98 | 7,13 | 16,0 |
| $\Theta_2$ | ber. | 5,54 | 3,16 | 4,05 | 8,09 | 20,9 |

Diese Vergleichung ist aus leicht ersichtlichem Grunde mehr von zufälligen Fehlern[1]) beeinflußt als die Tabellen I, II, aber im allgemeinen wird die Größenordnung und der theoretische Verlauf genügend bestätigt.

Die größte Zahl, welche unter den 518 von Svedberg gemessenen vorkam, war 7. Nun wollen wir berechnen, in welchen Zeiträumen man erwarten könnte, die Wiederholung eines mehr abnormalen Anfangszustandes, beispielsweise der Zahl 17, konstatieren zu können. Für solche Fälle reduziert sich (19) infolge der Kleinheit von $W_n(o)$ und $W(n)$ auf:

$$\Theta_1 = \frac{\tau}{W(n)}, \qquad (20)$$

und dies ergibt für $n = 17$ einen Zeitraum von $10^{13}\,\tau$, d. i. zirka 500000 Jahre, falls man die Messungen in demselben Tempo fortsetzen würde, wie es Svedberg tat. Bei einem so abnormalen Anfangswert wäre man also ganz berechtigt, die Diffusion der kolloidalen Lösung als irreversibel anzusehen, da man eine Wiederkehr des Anfangszustandes nie erleben würde.

Nun überlegen wir noch, wie sich die Sache ändern würde, falls man an Stelle der intermittierenden eine kontinuierliche Beobachtungsmethode anwenden würde. Die praktische Ausführung wäre in jenem Beispiele wohl sehr schwierig, da bei dauernder Beleuchtung das menschliche Auge den rascheren Teilchenverschiebungen doch gar nicht zu folgen vermöchte, aber uns interessiert vorderhand nur die prinzipielle Seite der Frage.

Für kurze Intervalle $\tau$ geht (8), (9) über in

$$\lim W_n(o) = 1 - (n + \nu) P, \qquad (21)$$

somit würde die Formel (19) auf Grund von

1) Die Tatsache, daß nur begrenzte Zahlenreihen zur Verfügung stehen, bildet überdies, namentlich für längere $\Theta$-Zeiten, eine Quelle systematischer Fehler.

(13) für die Wiederkehrzeit den Grenzwert Null ergeben. Es wurde jedoch schon oben darauf hingewiesen, daß für so kurze Zeiten die Formel (14) an Stelle von (13) zu treten hat und hierdurch geht (19) über in:

$$\lim \vartheta_1 = \frac{h\sqrt{6\pi}}{2(n+\nu)C} \frac{1-W(n)}{W(n)}. \qquad (22)$$

In jenen Versuchen bestimmt sich die wahre mittlere Geschwindigkeit $C$ der Teilchen aus der Masse derselben gemäß der Formel:

$$C = \sqrt{\frac{3HT}{NM}} \text{ zu } C = 26\frac{\text{cm}}{\text{sek}}$$

und hiermit würde für die Wiederkehrzeit der Zahl 17 bei kontinuierlicher Beobachtung eine Zeit von 161 Tagen folgen. Es läßt sich aber in ganz ähnlicher Weise zeigen, daß die durchschnittliche Dauer $T_1$ jenes Zustandes durch den ersten der beiden Faktoren des Ausdruckes (22) gegeben ist, welcher sich auf $T_1 = 9 \cdot 10^{-7}$ Sek. beläuft. Ein experimentierender Physiker wird also auch in diesem Falle den Vorgang wohl für praktisch irreversibel halten.

Die Grenze zwischen dem Gebiet der scheinbar irreversibeln Diffusion und den automatischen Konzentrationsschwankungen ist aber noch weit schärfer ausgeprägt, wenn es sich nicht um einige wenige Teilchen, sondern um große Molekülzahlen handelt, wie solche bei makroskopischen Erscheinungen in Betracht kommen. Dies sehen wir an folgendem, die Diffusion von Sauerstoff und Stickstoff betreffenden Beispiel. Denken wir uns in atmosphärischer Luft von normaler Dichte eine Kugelfläche vom Radius $a$ gezogen und fragen wir, innerhalb welcher Zeiträume eine teilweise Entmischung[1]) von selbst einzutreten pflegt, so zwar, daß der Sauerstoff in jenem Volum eine um 1 Proz. höhere Konzentration annimmt als die normale.

Die Anzahl der Moleküle, welche jene Kugelfläche pro Zeiteinheit von innen nach außen oder umgekehrt durchstoßen, ist $\frac{(n+\nu)C\sqrt{3}}{a\sqrt{2\pi}}$ (wenn $n$ die momentane Anzahl der $O_2$-Moleküle in der Kugel, $\nu$ die normale Anzahl derselben bedeutet). Somit ist — in Analogie zum vorhergehenden Falle — der reziproke Wert dieses Ausdruckes gleichbedeutend mit der durchschnittlichen Dauer des $n$-Zustandes und die durchschnittliche Wiederkehrzeit nimmt bei Einsetzen der Näherungsentwicklung für das $W(n)$ der Formel (1) die Gestalt an:

$$\vartheta_1 = \frac{a\pi}{C\sqrt{3\nu}} e^{\frac{\nu\delta^2}{2}}. \qquad (23)$$

Setzt man also die Zahl der Gasmoleküle pro Volumeinheit gleich $3 \cdot 10^{19}$ und nimmt man $C = 4{,}8 \cdot 10^4$, $\delta = 0{,}01$ an, so folgen für verschieden große Kugelflächen Werte von folgender Größenordnung:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a =$ | 1 | $3 \cdot 10^{-5}$ | $2{,}5 \cdot 10^{-5}$ | $1 \cdot 10^{-5}$ cm |
| $\vartheta_1 =$ | $10^{(10^{11})}$ | $10^6$ | 1 | $10^{-11}$ Sek. |

Diese kolossalen Unterschiede in den Wiederkehrzeiten jenes teilweisen Entmischungszustandes erklären uns hinreichend, warum die Diffusion von $O_2$ und $N_2$ für sichtbare Raumteile als ganz irreversibel betrachtet werden darf, während sie in mikroskopisch kleinen Gebieten durchaus nur den reversibeln Charakter der zufällig wechselnden Konzentrationsschwankungen zur Schau trägt.

Da für das Resultat wesentlich der Exponentialfaktor maßgebend ist, kann man mit einer gewissen, sehr rohen Annäherung auch sagen: der Diffusionsverlauf erweckt den Schein thermodynamischer Irreversibilität, falls der Ausgangszustand erheblich außerhalb des Bereiches der mittleren Konzentrationsschwankung $\delta = \frac{1}{\sqrt{\nu}}$ fällt. Der Betrag der mittleren Schwankung eines Parameters gibt auch in anderen Fällen einen ungefähren Anhaltspunkt über den Bereich der Irreversibilität.

Bei präziserer Ausdrucksweise muß man sich aber an die Regel halten: $\left.\begin{matrix}\text{Irreversibel}\\ \text{Reversibel}\end{matrix}\right|$ erscheint ein Vorgang, wenn der Anfangszustand eine im Verhältnis zur Beobachtungsdauer $\left.\begin{matrix}\text{lange}\\ \text{kurze}\end{matrix}\right|$ Wiederkehrzeit besitzt. Diese Regel ist gleichzeitig für die Gültigkeitsgrenzen des Entropiesatzes maßgebend, da die Behauptung von dem fortwährenden Wachsen der Entropie nur in dem irreversibeln Bereich (und auch da nur scheinbar) berechtigt ist.

Außer in der hier betrachteten Weise kann man übrigens das Problem auch etwas anders formulieren, wenn man nämlich den anfänglichen Zustand des Systems unbestimmt läßt und nur annimmt, daß derselbe dem thermodynamischen Gleichgewicht entspricht. Ob dann ein gewisser — eventuell thermodynamisch abnormaler — Zustand innerhalb der zu Gebote stehenden Zeit von selbst eintreten dürfte, beurteilt man nach der Länge der „wahrscheinlichen Erwartungszeit" desselben. Darunter verstehen wir den Durchschnitt der Zeiträume,

1) Dieses Problem war schon öfters aufgeworfen worden (z. B. Boltzmann, Wied. Ann. **60**, 392, 1897). Den ersten periodischen Versuch einer quantitativen Schätzung hatte ich von einer anderen, mehr hypothetischen Grundlage ausgehend a. a. O. gegeben; das allgemeine Bild stimmt der Größenordnung nach ungefähr überein.

welche von einem beliebigen Nicht-$n$-Zustand an bis zum nächsten Eintritt des $n$-Zustandes verstreichen (wobei die Durchschnittsbildung sich auf sämtliche Zeitpunkte bezieht, wo ein Nicht-$n$-Zustand herrscht).

Für jene wahrscheinliche Erwartungszeit $\Theta_2$ leiten wir, im Gegensatz zu (16), die Definitionsgleichung ab:

$$\Theta_2 = \tau \frac{M_1 + (1+2)M_2 + (1+2+3)M_3 + \cdots}{M_1 + 2M_2 + 3M_3 + \cdots}, \tag{24}$$

doch ist die Berechnung solcher Ausdrücke wesentlich komplizierter. Daher soll auf dieselbe hier nicht näher eingegangen werden, um so mehr, als in einer zahlreichen Klasse von Fällen $\Theta_2$ sich ohnehin auf $\Theta_1$ reduziert[1]).

Zusammenfassung: 1. Es werden Formeln entwickelt, welche in Übereinstimmung mit den Svedbergschen Messungen die zeitliche Veränderlichkeit der Konzentrationsschwankungen einer kolloidalen Lösung darstellen.

2. Es wird der Begriff der durchschnittlichen Wiederkehrzeit definiert und hierdurch wird ein Kriterium für die Gültigkeitsgrenzen des thermodynamischen Irreversibilitätsbegriffes gewonnen, welches auch den Reversibilitätsbereich der Diffusion von Sauerstoff und Stickstoff genau umgrenzt.

1) Weitere diesbezügliche Einzelheiten werden in der zweiten der beiden eingangs erwähnten Arbeiten besprochen.

Wien, im August 1915.

(Eingegangen 1. September 1915.)

## Die absolute Temperatur.

Von K. Schreber.

Zufällig sehe ich soeben, daß Herr Weber in dieser Zeitschrift **16**, 9, 1915 für sich die Priorität in Anspruch nimmt auf eine exponentielle Temperaturskala.

Ich gestatte mir, darauf aufmerksam zu machen, daß in Wied. Annalen 1898 eine längere Diskussion[1]) über eine solche Temperaturskala sich befindet, welche von mir ausgegangen ist. Ich hatte nicht nur, ähnlich wie es jetzt Herr W. in der kurzen Notiz tut (seine Hauptarbeit kenne ich nicht), die Galileische und die Daltonsche Temperaturskala für vollkommene Gase abgeleitet, ferner auf die Bedeutung des integrierenden Faktors des Wärmedifferentials hingewiesen, sondern auch die beiden Arten, wie Kelvin die absolute Temperatur einführt, besprochen und dabei nachgewiesen, warum er seine erste Definition, welche auf eine der Daltonschen entsprechende absolute Skala führt, aufgegeben und nachher die der Clausiusschen Formel für den Carnotschen Kreisprozeß angepaßte Definition eingeführt hat.

1) Wied. Ann. **64**, 163 u. 754; **65**, 648 u. 921.

Bei der in den meisten Lehrbüchern der Thermodynamik allein vorgetragenen späteren Definition Kelvins muß dieser, um zu Zahlen zu gelangen, noch eine Eigenschaft irgendeines Stoffes wählen. Er schlägt vor, und dieser Vorschlag ist bisher allgemein beibehalten worden, daß man den Unterschied zwischen der Temperatur des gefrierenden und des bei Atmosphärendruck siedenden Wassers gleich 100° setzt. Hierbei tritt der eigenartige Widerspruch ein, daß die Einheit der Temperatur abhängig ist von der Wahl des mittleren Atmosphärendruckes. Setzen wir diesen wie die Engländer und Amerikaner zu 28″ oder wie die Physiker zu 760 mm oder wie die Ingenieure zu 1 kg/cm², so haben wir jedesmal eine andere Siedetemperatur; trotzdem bekommt sie überall dieselbe Zahl 100°. Bei der älteren von mir weiter ausgebildeten Definition Kelvins habe ich die Einheit der Temperatur festgelegt durch die Bestimmung, daß der Wirkungsgrad eines Carnotschen Kreisprozesses zwischen Temperaturen, welche sich um die Einheit der Temperatur unterscheiden, $^1/_2$ sein soll. Diese Skala ist also vollständig von jedweder Eigenschaft eines bestimmten Stoffes unabhängig und rein thermodynamisch festgelegt.

Als ein Erfolg des Nernstschen Wärmesatzes wird vielfach hingestellt und Nernst hat für nötig gehalten, es besonders nachzuweisen, daß der sogenannte absolute Nullpunkt nur durch Aufwand unendlicher Arbeit erreicht werden kann. Bekommt er, wie das in der von mir vorgeschlagenen Temperaturskala der Fall ist, die Zahl $-\infty$, so wird niemand auf den Gedanken kommen, ihn durch endliche Arbeit erreichen zu wollen.

Wegen der Bemerkungen, welche Auerbach am Schluß seiner Notiz macht, verweise ich auf Zeitschr. phys.-chem. Unterricht 1913, S. 115.

(Eingegangen 5. September 1915.)

# BESPRECHUNGEN.

**G. W. C. Kaye, *X*-rays. An introduction to the study of Röntgen rays.** 8°. XIX u. 252 S. mit 97 Abbildungen. London, Longmans, Green and Co. 1914. Geb. 5 M.

Das vorliegende kleine Buch gibt eine recht klare und knappe Zusammenstellung der wichtigsten Resultate der Röntgenstrahlforschung; daneben enthält es die Beschreibung der wichtigsten Apparate und Methoden, die in diesem Gebiete bis jetzt Anwendung gefunden haben. Die Lektüre des Buches setzt keinerlei mathematische Kenntnisse voraus. Der Inhalt zerfällt in 13 Kapitel und einen Anhang. Die ersten zwei Kapitel behandeln die Phänomene in einer Entladungsröhre, im besondern die Kathodenstrahlen und die positiven Strahlen. Die nächsten zwei Kapitel enthalten das Nähere über die Einrichtung einer Röntgenröhre und die Funktionen der einzelnen Teile derselben. Das fünfte Kapitel bringt eine kurze Besprechung der Bestandteile eines Röntgeninstrumentariums, der Hochspannungsgeneratoren, Unterbrecher und Ventilröhren. Kapitel VI, VII und VIII erörtern in Kürze alles Wissenswerte über den Begriff der Härte einer Röntgenröhre, die Ursachen der Schwärzung der Glaswände und die Messung der Intensität und Härte der Röntgenstrahlen. Kapitel IX und X handeln von den durch Röntgenstrahlen ausgelösten Sekundärstrahlen und der Ionisation, die durch Röntgenstrahlen sekundär erzeugt wird.

Kapitel XI beschäftigt sich mit Radiographie und therapeutischen Anwendungen. Kapitel XII wurde von Kaye und Owen gemeinsam bearbeitet und gibt einen guten Einblick in die Laueschen, Braggschen und Moseleyschen Arbeiten. Im letzten Kapitel, dem XIII., werden die Stokessche Ätherimpulstheorie und die Theorie der lokalisierten Ätherimpulse von J. J. Thompson noch kurz gestreift. Der Anhang enthält außer Tabellen über Röntgenstrahlwellenlängen verschiedener Metalle (nach Moseley), Absorptionskoeffizienten der charakteristischen $\gamma$-Strahlen usw., Angaben über die Erzeugung hoher Vakua und noch eine kurze Notiz über die Coolidge- und die Lilienfeldröhre. Die Literaturangaben sind dem Zwecke des Buches entsprechend etwas spärlich. Die Darstellung ist klar und vermittelt eine gute Einführung in das Studium der Röntgenstrahlen. Für den mit Untersuchungen auf diesem Gebiete Beschäftigten dürften sich manche technische wertvolle Angaben finden. Das Buch kann empfohlen werden. Hertenstein.

---

**K. Sumpf, Grundriß der Physik.** Ausgabe B, vorzugsweise für Realschulen und die Unterstufe höherer Realanstalten, höhere Bürgerschulen und verwandte Anstalten, herausgegeben von H. Hartenstein und W. Bahrdt. 6. Auflage. VIII u. 281 S. mit 526 in den Text gedruckten, zum Teil farbigen Abbildungen und einer Spektraltafel in Farbendruck. Hildesheim, August Lax. 1914. Gebunden M. 2.70

Das Buch erfreut sich, wie aus der hohen Auflagezahl hervorgeht, großer Beliebtheit. Dennoch müssen einige Beanstandungen gemacht werden. Weder Zeit noch Verständnis der Schüler reichen aus, um den Stoff des Buches in der Unterstufe vollständig zu behandeln. Wenn auch ein Lehrbuch gelegentlich etwas mehr bringen darf, als der Unterricht im allgemeinen erledigen kann, so sind doch Abschnitte wie sie hier unter anderen über Fallgesetz, Wurf, Zentralbewegung, kinetische Energie, Verteilung der Energie im Spektrum gebracht werden, für die Unterstufe wenig geeignet.

Hier wie auch sonst an manchen Stellen (z. B. Reflexionsgesetz beim Schall, Stromenergie) scheint eine zu große Bewertung des Wissens gegenüber dem Erarbeiten von Tatsachen aus Beobachtungen vorhanden zu sein.

Abbildungen Nr. 209 u. 210 sind falsch, einige andere könnten deutlicher sein (z. B. 233a). Firmen dürfen auf Abbildungen in einem Schulbuch nicht stehen.

Die Übungsaufgaben, denen ja wohl vor Jahren nicht zum wenigsten die rasche Einführung Sumpfscher Bücher zuzuschreiben war, sind recht reichhaltig und bieten besonders für häusliche Vorbereitung des Schülers guten Stoff. Kochan.

---

**L. Graetz, Die Elektrizität und ihre Anwendungen.** 8. XVI u. 748 S. m. 687 Abbildungen. 17. Auflage. Stuttgart, J. Engelhorns Nachf. 1914. Gebunden M. 9.—

Diese neue Auflage des durch seine ausgezeichnete populäre Darstellung bestens bekannten Buches, das in zwei Teilen von nahezu gleichem Umfange die physikalischen Grundlagen und die technischen Anwendungen „der Elektrizität" behandelt, ist in mehrfacher Hinsicht den wissenschaftlichen Fortschritten entsprechend ergänzt oder geändert worden. Zum Beispiel sind die Beugungsversuche mit Röntgenstrahlen, deren Wellennatur, die sekundären Röntgenstrahlen sowie neuere Untersuchungen aus dem Gebiete der Radioaktivität in sehr verständlicher Form beschrieben. Auch der technische Teil hat mehrfache Nacharbeit erfahren.

Trotzdem das Buch wenig mathematische Entwicklungen bringt, darf man es doch — vielleicht im Gegensatz zu Werken ähnlicher Art — als physikalisch gut bezeichnen. H. Hörig.

---

**Aus Natur und Geisteswelt.** Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen. 8. Leipzig, B. G. Teubner. Je geb. M. 1,25

21. Bd. R. Vater, Die neueren Wärmekraftmaschinen. I. Einführung in die Theorie und den Bau der Gasmaschinen. IV. Auflage. IV und 120 S. mit 42 Abbildungen. 1914.

Im Anschluß an die Erläuterung einiger grundlegender Sätze aus der Mechanik und mechanischen Wärmetheorie sowie der Erklärung einiger fachtechnischer Ausdrücke bespricht der Verfasser zunächst die Überlegenheit der neueren Wärmekraftmaschinen über die älteren, um dann ausführlicher auf die Verpuffungsmaschinen für vergaste feste und flüssige Brennstoffe überzugehen. Gegenüber den älteren Auflagen ist die hier vorliegende vierte Auflage noch durch die Aufnahme einiger weiterer Abbildungen verbessert worden.

35. Bd. W. Scheffer, Das Mikroskop. II. Auflage. VI und 100 S. mit 99 Abbildungen im Text. 1914.

Die Schrift enthält in leichtfaßlicher Darstellung im wesentlichen alles für den vernünftigen Gebrauch des Mikroskops und seiner einfacheren Hilfsapparate Notwendige.

437. Bd. F. Auerbach, Die graphische Darstellung. Eine allgemeinverständliche, durch zahlreiche Beispiele aus allen Gebieten der Wissenschaft und Praxis erläuterte Einführung in den Sinn und den Gebrauch der Methode. VI und 97 S. mit 100 Figuren im Text. 1914.

Die zahlreichen Beispiele aus der Welt der exakten Natur, aus der Geschichte und Politik, Volkswirtschaft und Philosophie, vortrefflich durch den Verfasser erläutert und durch 100 Figuren veranschaulicht, lassen die universelle Bedeutung der graphischen Methode für Lehre und Forschung klar hervortreten und zeigen, daß die so lange vernachlässigte „graphische Darstellung" mit Recht heute als Lehr- und Forschungsmittel ersten Ranges angesehen wird.

462. Bd. F. Ichak, Das Perpetuum mobile. II und 104 S. mit 38 Abbildungen. 1914.

Die Verfasserin hat sich hier der dankenswerten Aufgabe unterzogen, aus dem fast unermeßlichen Stoß von Material, das über das „Perpetuum mobile" existiert, die interessantesten und bemerkenswertesten Exemplare herauszugreifen, sie zu schildern und ihren Wert vom Standpunkt der heutigen Wissenschaft zu zeigen. Die lesenswerte Arbeit bildet zweifellos einen interessanten Beitrag zu der Geschichte menschlicher Irrtümer.

301. Bd. R. Vater, Die Maschinenelemente. II. Auflage. VIII und 102 S. mit 175 Abbildungen im Text. 1915.

An der Hand zahlreicher, teils schematischer, teils photographischer Abbildungen werden die einzelnen Teile, aus denen sich die Maschinen zusammensetzen, sowie ihre Wirkungsweise, auseinandergesetzt, wie Schrauben, Nieten, Keile, Zapfen, Achsen, Wellen, Kuppelungen, Räder, Zylinder, Kurbeln, Ventile, Rohre usw. Von einer Berechnung der Maschinenelemente ist fast völlig Abstand genommen worden. Die zweite Auflage hat nur geringfügige Änderungen erfahren.

R. Lucas.

---

**W. Spalteholz, Über das Durchsichtigmachen von menschlichen und tierischen Präparaten und seine theoretischen Bedingungen. Nebst Anhang: Über Knochenfärbung.** gr. 8. 93 S. Zweite erweiterte Auflage. Leipzig, S. Hirzel. 1914. M. 1,80.

Die erste Auflage dieses Buches ist bereits in dieser Zeitschr. **13**, 911, 1912 besprochen worden; und es scheint demnach hier zu genügen darauf hinzuweisen, daß die zweite Auflage gegenüber der ersten sehr viel umfangreicher geworden ist. Immerhin sei hier aber doch bemerkt, daß das durch die Überschrift des Buches gekennzeichnete, vom Verfasser und seinen Mitarbeitern ja auch schon zu recht großer Vollkommenheit ausgebildete Verfahren sich durch einen geschickten Physiker noch ganz erheblich weiter vervollkommnen läßt, da nämlich dieses Verfahren im wesentlichen darauf beruht, jedesmal eine Flüssigkeit zu finden, welche denselben Brechungsexponenten hat wie die Gewebsteile des durchsichtig zu machenden Präparates. Bisher wird nun die betreffende Flüssigkeit jedesmal erst durch Ausprobieren der besten Durchsichtigkeit des Präparates gefunden, was natürlich sehr umständlich ist; und es leuchtet also ein, daß es hier von grundsätzlicher Wichtigkeit sein muß, einen Apparat zu besitzen, mit Hilfe dessen sich der Brechungsexponent der betreffenden Gewebsteile mit der nötigen Genauigkeit, d. h. bis auf etwa $^1/_{1000}$ seines Wertes, bestimmen läßt, da man sich ja dann die zugehörige Flüssigkeit leicht zurechtmischen kann. Ein solches „Mikrospektrometer", zu dem übrigens nach den in dem Buche gemachten Literaturangaben auch schon einige bemerkenswerte Ansätze vorhanden zu sein scheinen, würde sich natürlich auch bald zahlreiche andere Anwendungsgebiete erobern.

B. Walter.

---

**R. Pohl, Die Physik der Röntgenstrahlen.** (Sammlung Wissenschaft.) 8°. XII u. 156 S. mit 72 Abbildungen. Braunschweig, Vieweg & Sohn. 1912. M. 5.—, in Leinw. M. 5.80

Durch ein Versehen wurde das Buch an dieser Stelle noch nicht besprochen. — Es gibt ein außerordentlich gutes Bild vom Stand der Untersuchungen über Röntgenstrahlen vor der Laueschen Entdeckung der Interferenzen an Kristallen. Diese selbst (und ihre Theorie) sind in einem während der Drucklegung dem Buche angefügten Nachtrag kurz behandelt. Die Darstellung schließt sich im wesentlichen der Wiechert-Stokesschen Impulsvorstellung an, ohne jedoch andere berechtigte Anschauungen unerwähnt zu lassen. Die experimentelle Technik der Röntgenstrahlen-Erzeugung ist völlig weggelassen, wird als bekannt vorausgesetzt. — Was uns das Buch auch heute noch so wertvoll macht, ist die fast lückenlose Berücksichtigung der wichtigeren Literatur bis Mitte 1912. Weil die experimentellen Tatsachen stets an die Spitze gestellt sind, ohne ihnen durch irgendwelche Theorie Zwang anzutun, lassen sich all die schönen Resultate früherer Forschung mit Leichtigkeit entsprechend unseren jetzigen Anschauungen über die Natur der Röntgenstrahlen umdeuten. Wer einen Einblick in die äußerst interessante Entwicklung dieses physikalischen Forschungszweiges gewinnen will, findet hier den zuverlässigen Führer.

Scherrer.

---

## Briefkasten.

### Der Neubau des Laboratoriums für Technische Physik der K. Technischen Hochschule München.

In der von mir und meinem zur Zeit im Felde stehenden Assistenten Herrn Dr.-Ing. Fr. Noell im laufenden Jahrgang dieser Zeitschrift (**16**, 192—198, 1915) veröffentlichten Beschreibung des Neubaues des Laboratoriums für technische Physik der technischen Hochschule München findet sich auf Seite 192 die Bemerkung, daß das Münchener Laboratorium „in Deutschland als das erste Laboratorium für technische Physik gegründet wurde und bis jetzt auch das einzige geblieben ist".

Herr Professor Dr. F. Auerbach in Jena macht mich darauf aufmerksam, daß diese Bemerkung auch anders aufgefaßt werden könne, als sie von uns gemeint war. Um etwaigen Mißdeutungen vorzubeugen, möchte ich daher Folgendes hinzufügen:

Die Worte „das erste Laboratorium" sollen, wie wohl aus dem Zusammenhange des ganzen Aufsatzes hervorgeht, bedeuten „das erste Laboratorium an einer technischen Hochschule". Denn es lag uns völlig fern, die Existenz und Tätigkeit der Institute für angewandte Physik etwa absichtlich zu verschweigen, die seit längerer Zeit an einigen Universitäten errichtet worden sind,

nämlich der in Göttingen seit 1896 von der Göttinger Vereinigung begründeten Institute für angewandte Mechanik (geleitet von Prof. Dr. L. Prandtl) und für angewandte Elektrizität (geleitet von Prof. Dr. H. Th. Simon), sowie des von Ernst Abbe 1902 in Jena ins Leben gerufenen Institutes für technische Physik (geleitet von Prof. Dr. Vollmer).

Wir haben diese Institute an der betreffenden Stelle auch deshalb nicht besonders erwähnt, weil wir ihre Organisation und Tätigkeit ohne weiteres als wesentlich verschieden von der des Münchener Laboratoriums gekennzeichnet glaubten. Während dieses sich zur wissenschaftlichen und technisch-praktischen Bearbeitung solche Fragen auswählt, die den Bedürfnissen der Technik unmittelbar entsprungen sind, scheinen uns jene Institute mehr die Einarbeitung technischer Probleme in den Gesamtorganismus der physikalischen Forschung zu bezwecken.

Hätten wir vorausgesehen, daß sich unsere Auffassung nicht von selbst aus dem Zusammenhange der Darstellung ergibt, so hätten wir jenem Satz, der nunmehr unbeabsichtigt anspruchsvoll klingt, eine andere Form gegeben.

München, den 30. August 1915.

Osc. Knoblauch.

## Nachtrag zur Übersicht über die Kriegsbeteiligung der Deutschen Physiker.

Prof. **K. Schaum** (Gießen) ist als Kriegsfreiwilliger bei der Fliegerersatzabteilung in Adlershof bei Berlin eingetreten.

Dr. **Hans Schmidt**, Privatdozent für Physik an der Universität Kiel, seit Februar im Felde, wurde am 14. VIII. in Rußland schwer verwundet.

## Personalien.

**(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)**

**Habilitiert:** An der Technischen Hochschule Wien Professor Dr. Friedrich Rulf von der Franz-Joseph-Realschule daselbst für Mathematik, an der Universität Graz Dr. Ernst Schenkl für Theoretische Physik, an der Böhmischen Technischen Hochschule Brünn Dr. Wenzel Simandl für Geometrie der Lage.

**Ernannt:** Der ord. Professor an der Universität Czernowitz Dr. Michael Radakovic zum ord. Professor für Theoretische Physik an der Universität Graz.

**Verliehen:** Dem des. ord. Professor der allgemeinen und Experimentalchemie an der Universität München Geh. Reg.-Rat Dr. Richard Willstätter Titel und Rang eines K. Bayr. Geheimen Rates, dem ord. Professor der mathematischen Physik an der Universität Graz Dr. Anton Waßmuth anläßlich seines Übertritts in den Ruhestand der Titel Hofrat.

**Gestorben:** Der ord. Professor für Allgemeine Chemie an der Hochschule Florenz Dr. Hugo Schiff, der ord. Professor der Chemie an der Universität und dem Rush Medical College in Chicago Dr. John Ulrich Nef.

## Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1915/16[1]).

### Technische Hochschule Aachen.

**Stark**: Experimentalphysik I: Mechanik, Elektrodynamik, 4; Physikalisches Praktikum: a) Praktische Übungen aus allen Teilen der Physik für Anfänger, 4 oder 6, b) Anleitung zu selbständigen physikalischen Untersuchungen (Dissertationen), tägl., c) Physikalisches Handfertigkeitspraktikum, 2. — **Seitz**: Mechanische Wärmetheorie, 2; Theoretische Physik: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 2; Experimentalphysik, enzyklopädischer Kursus: Mechanik, Elektrizität, Magnetismus, 2. — **Steubing**: Photographie I, für Anfänger, II, für Fortgeschrittene, 1, Übungen, 2; Elektromagnetische Schwingungen, drahtlose Telegraphie, mit Demonstrationen, 1. — **Schreber**: Technische Thermodynamik, 2. — **Grotrian**: Physikalische Grundlage der Elektrotechnik, 5; Theoretische Elektrotechnik, 3; Elektrotechnisches Praktikum, 8. — **Rasch**: Elektrische Bahnen, 1; Einleitung in die Elektrotechnik (Übersichtsvorlesung über praktische Elektrotechnik), 2; Konstruktionslehre der Elektrotechnik, 3, Übungen, 2. — **Finzi**: Elektrische Zentralanlagen und Leitungen, 2. — **Hamacher**: Praktische Telegraphie und Telephonie, 2. —

**Bredt**: Organische Experimentalchemie II, 3; Organisches Praktikum (mit Lipp). — **Classen**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 4; Anorganisches Praktikum; Elektroanalytisches und elektrochemisches Praktikum. — **Rau**: Chemische Technologie I: Allgemeine Feuerungskunde, 2, III, 2; Entwerfen von chemischen Apparaten und Fabrikanlagen, Übungen, 4; Chemisch-technisches Praktikum. — **Ruer**: Physikalische Chemie I, 3, Übungen für Hüttenleute, 3, für Chemiker, 1 Vormittag, für Fortgeschrittene: Allgemeines hüttenmännisches Praktikum, 3. — **N. N.**: Analytische Chemie, 2; Allgemeine Elektrochemie, 2; Experimentelle Chemie, enzyklopädischer Kurs. — **Schumacher**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2. — **Lambris**: Untersuchung von Brennstoffen, 2. —

**Blumenthal**: Höhere Mathematik I, 6 und 4, Übungen, 2. — **Hamel**: Höhere Mathematik II, 3, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Lineare Integralgleichungen, 2 *g*. — **v. Kármán**: Mechanik I: Grundbegriffe der Mechanik, Gleichgewicht der Kräfte, 5, Übungen, 1, II: Festigkeitslehre, 3, Übungen, 1; Flugtechnische Aerodynamik, 2 *g*. — **Kötter**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der graphischen Statik, 1. — **N. N.**: Übungen im Markscheiden und Feldmessen (mit Wandhoff und Nysten), 1 halber Tag; Abriß der Markscheide- und Feldmeßkunde, 2; Ausgleichungsrechnung, 2, Übungen, 1; Geophysik, 1; Trigonometrische Übungen, 1. — **Wandhoff**: Markscheiden und Feldmessen I, 4; Markscheiderische Zeichen- und Rechen-Übungen, 2. — **Gast**: Praktische Geometrie I, 3; Geodätisches Praktikum I, 2; Geodätische Ausarbeitungen, Übungen, 4; Eisenbahntrassieren, 2; Höhere Geodäsie, 2. —

### Universität Basel.

**Hagenbach**: Experimentalphysik II: Licht, Wärme, Elektrizität, 6; Physikalisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl., für Anfänger (mit Veillon und Zickendraht), 8; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Veillon**: Elektrische Messungen, mit Demonstrationen, 2. — **Mathies**: Wärmetheorie, 4, Übungen, 1 *g*; Einführung in die Theorie der Gasionen und Elektronen II, 2; Mathematisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Zickendraht**: Aerodynamik und Luftfahrt, 2; Prinzipien und Konstruktionen elektromedizinischer Apparate, mit Demonstrationen, für Mediziner. —

**Rupe**: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Vollpraktikum für organische Chemie, tägl.; Chemisches Kolloquium (mit Fichter, Bernoulli und Obermiller), 1 *g*. — **Fichter**: Analytische Chemie, 2; Experimentalchemie der seltenen Metalle, 1; Analytisches Halbpraktikum für Anfänger, 9; Chemisches Vollpraktikum (anorganische und elektrochemische Übungen und Arbeiten),

1) Infolge des Krieges werden an einigen Universitäten weitere Änderungen des Vorlesungsplanes nötig werden; diese sollen in Nachträgen veröffentlicht werden, gleichzeitig mit den noch nicht eingegangenen Vorlesungsverzeichnissen von Brünn, Czernowitz, Dresden, Graz (Techn. Hochschule), Innsbruck, Prag, Wien.

tägl. — **Kreis**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Übungen in der Untersuchung von Lebensmitteln, 4; Arbeiten im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. — **Bernoulli**: Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemisches Praktikum für Anfänger, 4; Physikalisch-chemisches Vollpraktikum: Übungen und Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. —

**Spieß**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4; Determinanten, 1; Ein Kapitel der höheren Analysis, 3; Mathematisches Seminar (mit Hecke), 1 *g*. — **Hecke**: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen (Proseminar), 1; Funktionen reeller Variabler: Mengenlehre, 4. — **Flatt**: Pädagogisches Seminar, mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung I, 3; Projektive Geometrie, 2. — **Knapp**: Sphärische Astronomie, 2; Populäre Astronomie, 2; Astronomische Übungen, 1. —

## Universität Berlin.

**Rubens**: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5, Mathematische Ergänzung, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 1 ½ *g*; Arbeiten im Physikalischen Laboratorium, für Geübtere (mit Wehnelt), tägl. — **Planck**: Allgemeine Mechanik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **Wehnelt**: Mathematische Ergänzungen zum physikalischen Praktikum, 1 *g*; Praktische Übungen für Anfänger I und II (mit Blasius), 7; Physikalisches Praktikum für Pharmazeuten, 3; Praktikum zur Erlangung von Handfertigkeit für das physikalische Arbeiten, 3. — **Hellmann**: Allgemeine Meteorologie, 2; Meteorologisches Kolloquium, 1 *g*. — **Einstein**: Statistische Mechanik und Boltzmanns Prinzip, 2. — **Warburg**: Über Kathodenstrahlen und andere elektrische Konvektionsstrahlen, 2. — **Schmidt**: Kollektivmaßlehre, 2; Luftelektrizität, 1 *g*. — **Neesen**: Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 2. — **Blasius**: Praktischer Kursus für Mediziner, 3 ½; Übungen im Anschluß an das Praktikum, 1 *g*. — **E. Meyer**: Moderne Maschinentechnik, 2; Technische Exkursionen, 14 tägig, *g*. — **Born**: Molekulartheorie der Kristalle, 3; Kapillarität, 1 *g*. — **Weinstein**: Elektrizität und Magnetismus, 4; Physik der bewegten Materie, 2; Geschichte der Physik I: bis zum 19. Jahrhundert, 1 *g*. — **Krigar-Menzel**: Theorie der Wärme, 4. — **Leß**: Praktische Witterungskunde, 2. — **Grüneisen**: Einführung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung und ihre Anwendungen in der Physik, 2. — **Byk**: Mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 2. — **Kiebitz**: Theorie der elektrischen Schwingungen, 1. — **v. Baeyer**: Experimentalphysik für Zahnärzte und Pharmazeuten, 3. — **Reiche**: Theorie der Dispersion und Absorption, 2. — **Seeliger**: Elektronentheorie fester Körper, 1; Mathematik und Physik der Spiele und des Sports, 1 *g*. — **Reichenheim**: Korpuskulare Strahlung, 1. — **Scheffer**: Angewandte wissenschaftliche Photographie, 1; Wissenschaftliche Grundlagen der Mikroskopie und Mikrophotographie, 1 *g*. —

**Fischer**: Praktische Übungen im Chemischen Institut (mit Gabriel, Traube, Diels, Stähler, Leuchs), tägl.; Kursus für Mediziner, 6. — **Nernst**: Physikalische Chemie, 4; Neuere Atomistik, 1 *g*; Physiko-chemisches Kolloquium, 1 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im Physikalisch-chemischen Laboratorium a) anorganisch-chemisches Praktikum (mit Marckwald), tägl., b) physiko-chemische Übungen, 7, c) physiko-chemische Arbeiten, tägl. — **Beckmann**: Chemische Untersuchungen, tägl. — **Willstätter**: Kolloquium über organische Chemie, 1 *g*. — **Wichelhaus**: Technologie, 2 *g*; Übungen im Institut (mit Großmann), tägl.; Anleitung im Institut (mit Großmann), tägl. — **Thoms**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, mit Experimenten, 4; Toxikologische Chemie, mit Experimenten, 1 ½; Sterilisation und biologische Prüfung der Arzneimittel, mit Experimenten, 1; Praktische Übungen und Arbeiten in pharmazeutischer, toxikologischer und Nahrungsmittel-Chemie, tägl. — **Biedermann**: Explosivstoffe, 2. — **Traube**: Qualitative chemische Analyse, 1 ½. — **Fock**: Einleitung in die Physik und Chemie, 1; Elemente der Kristallographie, 1. — **Marckwald**: Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Rosenheim**: Praktische Übungen in der Gas- und Maßanalyse, 4. — **v. Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 4. — **Jacobson**: Besprechung chemischer Tagesfragen, 1. — **Emmerling**: Hygienische Wasseruntersuchung, 1. — **R. J. Meyer**: Anorganisch-chemisches Praktikum (mit Rosenheim), tägl.; Übungen in der Experimentalchemie, für Lehrer und Lehrerinnen (mit Rosenheim), 8; Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Zusammensetzung, 1 *g*. — **Spiegel**: Organische Chemie, 3. — **Neuberg**: Organisch-chemische Arbeiten, tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Biochemie, tägl. — **Sachs**: Chemie der Farbstoffe, 1. — **Koppel**: Theoretische Erläuterungen zur chemischen Analyse, 1 *g*. — **Diels**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Einführung in die organische Chemie I: Aliphatische Verbindungen, 1. — **Meisenheimer**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Anorganisch- und organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Großmann**: Chemisch-technische und wirtschaftliche Tagesfragen, 1 ½; Materialprüfungswesen und chemisch-technische Analyse, mit Demonstrationen und Exkursionen, 1. — **Löb**: Elektrochemie, 1; Klinische Chemie, 1. — **Stähler**: Anorganische Chemie (Repetitorium), mit Experimenten, 2. — **Houben**: Chemische Entdeckungen, 1. — **Lockemann**: Chemie und Biologie, 1. — **Leuchs**: Einführung in die organische Chemie II: Benzolderivate, 1. — **Pringsheim**: Einführung in die physiologische Chemie, 1 ½. — **Anselmino**: Arzneibuch, 1. — **Lenz**: Einführung in die chemische Untersuchung von Blut, Harn, Kot, Magensaft usw., 2. —

**Schwarz**: Analytische Geometrie, 4; Synthetische Geometrie, 4; Elementar-geometrische Herleitung der wichtigsten Eigenschaften der Kegelschnitte, 2 *g*; Mathematisches Seminar (mit Frobenius und Schottky), 2 *g*. — **Foerster**: Geschichte der Astronomie, 2 *g*; Grundlehren der Orts- und Zeitbestimmung, 1 *g*; Polarlicht und Tierkreislicht, 1 *g*. — **Helmert**: Theorie der Gradmessung, 1 *g*. — **Frobenius**: Zahlentheorie, 4. — **Schottky**: Theorie der krummen Linien und Flächen, 4; Allgemeine Probleme der Funktionentheorie, 2. — **Struve**: Sphärische Astronomie, 3. — **Cohn**: Bahnbestimmung der Himmelskörper, 4, Seminarübungen, 2 *g*. — **Rothe**: Integralrechnung, 4. — **Knopp**: Gewöhnliche Differentialgleichungen II: Komplexe Veränderliche, 4; Funktionentheorie II, 4, Übungen, 1 *g*. — **Marcuse**: Geographische Ortsbestimmung, mit Übungen, 1 ½; Allgemeine Himmelskunde, mit Lichtbildern und gelegentlichen Fernrohrbeobachtungen, 1 ½; Die Naturwissenschaften im Dienste des Krieges, mit Lichtbildern, 1. — **Witt**: Nomographie, 1 *g*; Übungen auf der Sternwarte, 2 Abende *g*. — **Schweydar**: Die Beobachtungsmethoden der Erdbebenforschung, 2; Die Änderung der geographischen Breiten, 1 *g*. —

## Technische Hochschule Berlin.

**Kurlbaum**: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Elektrizität, 4; Physikalische Übungen, 4. — **Krigar-Menzel**: Allgemeine Mechanik I: Gleichgewicht und Bewegung von Massenpunkten und starren Körpern, 4; Theoretische Akustik, 2. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Maßeinheiten und Meßmethoden, 2; Physikalische Maßbestimmungen und Meßinstrumente (Physikalische Übungen), 4. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik II, 2; Grundzüge der Potentialtheorie und ihre Anwendung in der Elektrizitätslehre, 2; Elektrische Schwingungen und drahtlose Telegraphie, 1. — **Berndt**: Radioaktivität, 1. — **Kaßner**: Wetterkunde mit Beispielen aus der Praxis, 1. — **Kock**: Hochspannungserscheinungen und Messungen, 2; Drahtlose Telegraphie und Hochfrequenztechnik, 3. — **Möller**: Neuere Theorie des Magnetismus, 2. — **Petzoldt**: Raum, Zeit, Bewegung, Äther, 1 *g*. — **Pirani**: Elemente der graphischen Darstellung und des graphischen Rechnens, mit besonderer Berücksichtigung physikalischer und technischer Anwendungen, 1; Ausführung

kleinerer physikalischer Experimentaluntersuchungen, mit besonderer Berücksichtigung der Licht- und Temperaturmessungen, 2. — **Zehnder**: Physikalische Weltanschauungen, 2. — **Orlich**: Grundlagen der Elektrotechnik, 4; Übungen im Elektrotechnischen Laboratorium, 12; Elektrotechnische Meßkunde, 2, Übungen, 2. — **Wedding**: Grundlagen der Elektrotechnik, 4; Übungen im Elektrotechnischen Laboratorium, 12; Elektrotechnik für Chemiker, 1, Übungen, 2. — **Franke**: Elektrische Fernmeldetechnik einschließlich drahtlose Telegraphie, 4; Übungen im Laboratorium für Fernmeldetechnik, 2; Entwerfen von Instrumenten und Apparaten der Meß- und Fernmeldetechnik, 2. — **Kloß**: Elektromaschinenbau, 4, Übungen, 8; Übungen im Elektrotechnischen Versuchsfelde, 4. — **v. Parseval**: Motorluftschiffe, 2; Flugzeuge, 2; Übungen im Bau von Luftfahrzeugen, 2. — **W. Reichel**: Elektrische Kraftanlagen und Bahnen, 2, Übungen, 4. — **Benischke**: Allgemeine Wechselstromtechnik, 4; Spezielle Wechselstromtechnik für Hochspannungsanlagen, 1. — **Breslauer**: Berechnung und Prüfung elektrischer Maschinen nach den in der Praxis herrschenden Gepflogenheiten, 2. — **Faßbender**: Elektrische Messungen und Meßmethoden in Hochfrequenzkreisen und ihre praktische Anwendung in der drahtlosen Telegraphie, 2, Demonstrationen, 14tägig, 2. — **Gerstmeyer**: Kommutator-Motoren für Wechselstrom und Drehstrom, 1. — **Rüdenberg**: Elektrische Schaltvorgänge und Wanderwellen, 2. — **Wagner**: Überspannungen und Stromstöße in elektrischen Stromkreisen, 2. — **Zehme**: Elektrische Hauptbahnen und Zwischenstadtbahnen, 2. — **Krell**: Schiffselektrotechnik, 2. — **Dietzius**: Luftschiffbau und Luftschiffahrt, 1. —

**Hofmann**: Experimentalchemie, 4; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl.; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie (mit Wirth), 2. — **v. Buchka**: Chemie der Nahrungsmittel-Analyse und Bakteriologie, 4; Chemisch-technische Analyse, 2. — **Dolezalek**: Physikalische Chemie einschließlich theoretische Elektrochemie, 4; Kleines physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, 2 halbe Tage; Praktische Arbeiten im physikalisch-chemischen und elektrochemischen Institut, tägl. — **Holde**: Untersuchung von Fetten, Ölen, Wachsen und Seifen, 2. — **Miethe**: Spektralanalyse, 2; Allgemeine Photographie: Apparatenkunde, Übersicht über die gebräuchlichen photographischen Prozesse, 2; Einführung in die photographische Optik, 1; Astronomische Photographie mit Übungen am photographischen Refraktor, 1, Übungen, 3; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium, für Photochemiker, tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Prozessen, 16; Spektrographisches und spektralanalytisches Praktikum für Fortgeschrittenere, 1. — **Pschorr**: Organische Chemie I: Die offenen Kohlenstoffketten, 4; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **Reisenegger**: Chemische Technologie II, 4; Technologie der Teerfarbstoffe und ihrer Verwendungen: Färberei, Zeugdruck, 4; Praktische Arbeiten im technisch-chemischen Institut, tägl. — **Traube**: Einleitung in die physikalische Chemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3; Chemie der Kolloide, 1. — **Arndt**: Die elektrochemische Industrie, 2. — **Bucherer**: Einführung in die Praxis des Patentwesens, 1. — **Byk**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 2. — **Endell**: Ausgewählte Kapitel in der Mineralchemie, nebst technischen Anwendungen, 1. — **v. Girsewald**: Über die Zusammensetzung und die Wertbestimmung der Brennstoffe, 1. — **Guertler**: Physikalische Chemie der Metallegierungen I: Konstitution binärer Systeme, 2. — **Just**: Chemische Reaktionskinetik, 1. — **Lehmann**: Die Farbenphotographie, 1. — **Liebermann**: Theorien der organischen Chemie, 1. — **Loewenherz**: Erläuternde Vorträge zu den Führungen durch das Chemische Museum: Anorganischer Teil, 1 *g*; Die Produkte der chemischen Industrie, ausgewählte Kapitel, im Anschluß an die Sammlungen des Chemischen Museums: Anorganischer Teil, 1 *g*. — **Scheibler**: Über heterozyklische Verbindungen, 1. — **Seegert**: Ausgewählte Kapitel aus der Spektralanalyse, 1. — **Simonis**: Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Stavenhagen**: Einführung in die Experimentalchemie, 2. — **Treadwell**: Ausgewählte technisch-chemische Prüfungsmethoden, 1. — **Ullmann**: Arbeitsmethoden der Farbenindustrie, 1. — **Voswinckel**: Einführung in die organische Chemie, 2. — **Wirth**: Analytische Chemie, 1. — **Wolffenstein**: Die Chemie der Alkaloide, 2. —

**Dziobek**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Haentzschel**: Elemente der Differential- und Integralrechnung und der analytischen Geometrie, 4, Übungen, 2 *g*. — **Jolles**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **Korn**: Lineare Integralgleichungen, 2. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Rothe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Ausgewählte Gegenstände der praktischen Mathematik: Numerische und graphische Methoden, mathematische Instrumente, 2. — **Scheffers**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Wallenberg**: Ausgewählte Kapitel der Elementarmathematik, 2; Funktionentheorie I, 2; Potentialtheorie, 2. — **Felgentraeger**: Maß- und Gewichtswesen I, 2; Die Konstruktion der Spiegel- und Linseninstrumente, 2. — **Fuchs**: Partielle Differentialgleichungen nebst Anwendungen, 2. — **Jacobsthal**: Funktionen einer reellen Veränderlichen: Punktmengen, Integral von Lebesgue usw., 4. — **Lichtenstein**: Darstellende Geometrie II, 5, Übungen, 5. — **Haußmann**: Niedere Geodäsie, 4; Geodätisches Praktikum I, 2; Planzeichnen zugleich Bearbeitung der Aufnahmen, 2; Höhere Geodäsie, 2. — **Reißner**: Mechanik und graphische Statik I, 4, Übungen, 2, II, 6, Übungen, 4. — **Wolff**: Niedere Geodäsie im Abriß, 2. — **Günther**: Anwendung der Photographie zum Messen in der Technik: Photogrammetrie, mit Lichtbildern und Demonstrationen, 2. — **W. Hartmann**: Kinematische Geometrie und theoretische Kinematik, 2; Maschinengetriebe: Anwendungen der Kinematik, 2. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen, 2, II, 4, Übungen und Festigkeits-Laboratorium, 2; Aeromechanik und Mechanik der Flugzeuge, 2. —

## Universität Bern.

**Forster**: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Wärme, 6; Theoretische Optik, 1 *g*; Repetitorium der Physik, 2; Physikalisches Praktikum, 8; Photographisches Praktikum, für Vorgeschrittene, 2. — **Gruner**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 3, Übungen, 1; Mechanik deformierbarer Körper, 2; Elemente der Vektor-Analysis, 1; Seminar für theoretische Physik, nach Verabredung. — **Blattner**: Theorie der Wechselströme, 2. — **Luterbacher**: Mechanik, Dynamik der festen Körper für Anfänger, 1. —

**Kohlschütter**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 6; Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner, 8. — **Ephraim**: Einführung in die Elektrochemie, 2; Elektrochemisches Praktikum, 4; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. — **Mai**: Repetitorium der anorganischen Chemie für Mediziner und Lehramtskandidaten, 1. — **Tambor**: Organische Chemie II, 5; Organisch-chemisches Praktikum, tägl.; Repetitorium der organischen Chemie I, 1. — **Frl. Woker**: Arbeiten im Laboratorium für physikalisch-chemische Biologie, tägl.; Kurs für die Untersuchung von Körperflüssigkeiten: Harn, Blut, Milch, Magensaft, 4; Physikalisch-chemische Biologie, 2; Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiet der Katalyse mit besonderer Berücksichtigung der Fermentwirkungen, 2; Kolloquium über Probleme der physikalisch-chemischen Biologie, 1. — **Abelin**: Neuere Forschungen auf dem Gebiete der Kohlenhydratchemie, 1. — **Schaffer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel I, 2; Chemische Technologie der Lebensmittelgewerbe, nach Verabredung. —

**Graf**: Kugelfunktionen I, mit Repetitorium, 3; Besselsche Funktionen I, mit Repetitorium, 3; Integralrechnung mit Repetitorium, eventl. Differential- und Integralrechnung, mit Repetitorium, 3; Funktionentheorie I, 1; Differentialgleichungen II, 2; Renten- und Versicherungsrechnung, 2; Mathematisches Seminar (mit Huber), 1½. — **Huber**: Mechanik des Himmels, 2; Theorie der Raumkurven und abwickelbaren Flächen, 3; Fouriersche Reihen und Integrale mit Anwendungen auf die Physik, 2; Repetitorium der Astronomie, 1; Mathematisches Seminar: Geometrische Richtung (mit Graf), 1. — **Ott**: Algebraische Analysis II, 2; Sphärische Trigonometrie mit Anwendungen, 2; Mathematische Übungen, 1; Integralrechnung, 2: Analytische Geometrie II, 2; Mathematische Übungen und Repetitorium, 1. — **Mauderli**: Die Geometrie der Erdgestalt, 2; Die astronomischen Instrumente, 1, Übungen, verbunden mit Projektionen und Exkursionen, nach Verabredung; Das Problem der Bewohnbarkeit der Weltkörper, 1. — **Berliner**: Höhere Algebra (Fortsetzung), 1—2. — **Benteli**: Darstellende Geometrie: Kurven, Strahlenflächen, reguläre Polyeder, 2, Übungen und Repetitorium, 2; Praktische Geometrie I, 1. — **Crelier**: Synthetische Geometrie II, 2, Übungen, 1; Die kotierten Flächen, mit Übungen, 2. — **Moser**: Einführung in die Lebensversicherungsrechnung, 1—2; Ausgewählte versicherungswissenschaftliche Kapitel, nach Verabredung; Mathematische Grundlagen der Witwen- und Waisenkassen, 2; Mathematisch-versicherungswissenschaftliches Seminar, 1—2. — **Bohren**: Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2; Ausgleichungsrechnung, mit Übungen, 2. —

## Universität Bonn.

**Kayser**: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Laboratorium für Anfänger, 8, für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Pflüger**: Theoretische Mechanik, 5. — **Bucherer**: Neuere Elektrizitätslehre, 1. — **Eversheim**: Angewandte Elektrizitätslehre mit Übungen, 2; Grundzüge der Elektrotechnik (Technische Vorlesung), 1 *g*. — **Grebe**: Einführung in die theoretische Physik, 2. —

**Anschütz**: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 6; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene sowie für Pharmazeuten und Nahrungsmittelchemiker (mit Benrath, Frerichs und Kippenberger), tägl., für Mediziner (mit Benrath), tägl. außer Sonnabend. — **Rimbach**: Physikalische Chemie I: Atom- und Molekulartheorie, Eigenschaften der Stoffe, Verwandtschaftslehre, 3; Grundzüge der chemischen Thermodynamik, 1 *g*; Chemisches Rechenseminar (mit Wintgen): Unterstufe: Stöchiometrische und chemisch-analytische Aufgaben, 14tägig, 2 *g*, Oberstufe: Physikalisch-chemische Aufgaben, 14tägig, 2 *g*; Übungen in den wichtigsten physikalisch-chemischen Meßmethoden, 3. — **Benrath**: Photochemie, 1; Spezielle anorganische Chemie I, 1 *g*; Analytische Chemie I, 2; Übungen in der Gasanalyse, 2 *g*; Experimentierübungen für Lehramtskandidaten (mit Wintgen), 1. — **Meerwein**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Frerichs**: Pharmazeutische Chemie I (anorganisch), 3, III: Zyklische Verbindungen, 1 *g*; Arzneimittelprüfung, 1. — **Mannheim**: Sterilisieren von Arzneimitteln, 1; Wasser- und Harnanalyse, 1; Einführung in das chemische Praktikum, für Pharmazeuten, 1. — **Kippenberger**: Chemische Technologie, anorganischer Teil, mit Exkursionen, 2; Einführung in die chemische Großtechnik I: Anorganisch-chemische Betriebe, mit Exkursionen, 1; Besprechung nahrungsmittelchemischer Gutachten, 1 *g*. — **Laar**: Graphische Verfahren mit Besichtigungen, 1; Übungen in ausgewählten photographischen Verfahren, tägl. — **Gewecke**: Einführung in die Chemie, für Mediziner, 2; Repetitorium der anorganischen und analytischen Chemie, 2; Grundlagen und Hauptmethoden der Gewichtsanalyse, 1. — **Wintgen**: Optische Methoden in der Chemie, mit Übungen, 2; Kolloidchemisches Praktikum, 2 *g*. —

**Study**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4; Mathematisches Seminar: Oberstufe: Vortragsübungen, 14tägig, 2 *g*. — **London**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 *g*; Synthetische Geometrie, 2, Konstruktive Übungen, 1 *g*. — **Schur**: Ausgewählte Kapitel der Analysis, 2; Einleitung in die Funktionentheorie, 4; Mathematisches Seminar: Mittelstufe: Behandlung einfacher Aufgaben (mit Müller), 14tägig, 2 *g*. — **J. O. Müller**: Einführung in die Variationsrechnung, 3. — **Küstner**: Sphärische Astronomie, 3; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten, tägl.; Fixsternkunde, 1 *g*. — **C. Müller**: Einführung in die Geodäsie mit Übungen, 2 *g*. —

## Technische Hochschule Braunschweig.

**Diesselhorst**: Experimentalphysik: Elektrizität und Magnetismus, 4; Theorie des Elektromagnetismus, 3, Übungen, 1; Physikalisches Praktikum I, II: Anleitung zu selbständigen Arbeiten im Laboratorium; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2. — **Weber**: Potentialtheorie mit Anwendungen auf die Elektrostatik, 2. — **Bergwitz**: Atmosphärische Elektrizität, 1; Radioaktivität, 1. — **Witte**: Analytische Mechanik, 2. — **Peukert**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Allgemeine Elektrotechnik, 4; Elektrotechnische Übungen, 2; Elektrotechnisches Praktikum, 6; Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium, für Fortgeschrittenere, 9. — **N. N.**: Elektromaschinenbau, 4, Übungen, 6; Elektrische Kraftbetriebe, 2, Übungen, 2. — **Micheler**: Einführung in die Photographie, 1; Die Photographie in natürlichen Farben, 1; Spezielle Photographie, 2; Photographische Übungen, für Anfänger und Fortgeschrittene, 3. —

**Meyer**: Unorganische Experimentalchemie, 5; Chemie der organischen Farbstoffe, 3; Arbeiten im chemischen Laboratorium; Chemisches Kolloquium (mit Freundlich), nach Verabredung *g*. — **Biehringer**: Analytische Chemie, 2; Grundzüge der Chemie, 3. — **Freundlich**: Physikalische Chemie, 2; Metallurgie, 2; Chemie der Metalle, 1; Arbeiten im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie. — **Reinke**: Chemische Technologie II 1, 6; Chemisch-technische Analyse I, 2; Arbeiten im Laboratorium für chemische Technologie II und landwirtschaftlich-chemische Gewerbe, Seminaristische Übungen, monatlich 2 *g*; Chemische Technologie in den deutschen Kolonien, 1. — **Beckurts**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Gerichtliche Chemie, 1; Grundzüge der Maßanalyse, 1; Pharmazeutische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium für pharmazeutische Chemie und Nahrungsmittelchemie und in der Nahrungsmitteluntersuchungsstelle. — **Troeger**: Analytische Chemie, 2; Chemie der Benzolderivate, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie, 2. — **Emde**: Organische Stoffe mit physiologischer Wirkung: Arzneimittelsynthese, 1. —

**Dedekind**: Elemente der Zahlentheorie, 2; Einleitung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung, 1. — **Fricke**: Analytische Geometrie und Algebra, 4; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2, II, 2. — **Timerding**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Algebraische Analysis, 2; Synthetische Geometrie, 2. — **N. N.**: Statik starrer und elastisch-fester Körper, 4, Übungen, 2. — **Schlink**: Technische Mechanik II: Dynamik, 3, Übungen und Repetitionen, 2; Berechnung und Konstruktion von Flugzeugen, 1; Graphische Statik, 2, Übungen, 2; Eisenhochbauten, 2, Übungen, 4; Statik der Baukonstruktionen I, 3, Übungen, 4, II, Übungen, 4. — **Näbauer**: Grundzüge der Geodäsie, 2, Übungen, 2; Geodäsie II, 3, Übungen, 1; Höhere Geodäsie, 2; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2; Planzeichnen, 4. —

## Universität Breslau.

**Lummer**: Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schaefer und Waetzmann), 3; Physikalisches

Praktikum für Anfänger (mit Schaefer, Waetzmann und Ladenburg), 3, für Geübtere (mit Pringsheim, Schaefer, Waetzmann und Ladenburg), tägl., für Mediziner (mit Ladenburg), 3, für Pharmazeuten (mit Waetzmann), 3; Physikalisches Kolloquium (mit Pringsheim und Schaefer), 2 *g*. — **Pringsheim**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Schaefer**: Kinetische Theorie der Elektrizität und der Materie, 4. — **von dem Borne**: Geophysikalische Übungen und Besprechungen, *g*; Physik des Luftmeeres: Meteorologie, 3. — **Riesenfeld**: Photographisches Praktikum, 2; Die Photographie und ihre Technik, 1 *g*. —

**Biltz**: Organische Experimentalchemie, 4; Chemische Referatenstunde, für Vorgeschrittene (mit v. Braun, Meyer, Koenigs und Arndt), 14tägig, 2 *g*; Chemisches Praktikum, unorganische Abteilung (mit v. Braun), tägl. außer Sonnabend, organische Abteilung, ganztägig, für Landwirte, 4, für Mediziner (mit Meyer), 4. — **v. Braun**: Analytische Chemie I, 2; Besprechung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten, 1 *g*. — **Arndt**: Theoretische Besprechung des anorganischen Anfängerpraktikums, 2; Gasanalytisches Praktikum, 3. — **Herz**: Einführung in die physikalische Chemie, 2; Grundlagen der Maßanalyse, 1; Anwendungen der Maßanalyse, mit besonderer Berücksichtigung des Deutschen Arzneibuches, 1; Besprechungen zur qualitativen Analyse, 1 *g*. — **N. N.**: Ausgewählte Kapitel der physikalischea Chemie, 1 *g*; Praktische Übungen in spezieller anorganischer Chemie, tägl. — **Gadamer**: Organische Experimentalchemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, 6; Prüfung der Arzneimittel, 1 *g*; Praktisch-chemische Übungen mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, der forensischen Chemie und Nahrungsmittelchemie, tägl.; Kleines chemisches Praktikum, 6. — **Danckwortt**: Ausmittelung der Gifte; Chemische Toxikologie, 2. — **Ehrlich**: Landwirtschaftlich-chemische Technologie I: Zucker, Stärke usw., mit Exkursionen, 2; Die chemischen Vorgänge in der Pflanze, 1 *g*; Gasanalytische und chemisch-technische Untersuchungen, 4; Einführung in die Chemie für Landwirte, anorganischer Teil, $2\frac{1}{2}$; Chemische, biochemische und technische Arbeiten, für Anfänger und Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend. —

**Sturm**: Analytische Geometrie der Ebene, 3; Geometrische Verwandtschaften I, 3. — **Kneser**: Variationsrechnung, 4; Gestalten ebener Kurven, 2; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Schmidt**: Mengenlehre, 4; Potentialtheorie II, 2; Seminarübungen, 2 *g*. — **Steinitz**: Theorie und Anwendung der Determinanten, 3, Übungen, 1 *g*. — **Schnee**: Integralrechnung, 4, Übungen, 2. —

## Technische Hochschule Breslau.

**Lummer**: Experimentalphysik: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Physikalisches Praktikum, 3. — **von dem Borne**: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Luftschiffahrt: Theorie der Luftschiffahrt, 2. — **Hilpert**: Elektrotechnik I, 4; Elektromaschinenbau, 2; Übungen im Elektromaschinen- und Apparatebau, 4; Elektrotechnisches Laboratorium II, 4, III, 8; Kolloquium, 14tägig, nach Verabredung, *g*. — **Euler**: Elektrotechnische Meßkunde I und II, 2; Elektrische Kraftanlagen I, 2; Übungen im Bau elektrischer Kraftanlagen und Bahnen, 4. — **Große-Leege**: Fernsprechtechnik, 2. —

**N. N.**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 5; Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl.; Chemisches Kolloquium (mit Eucken, Neumann und Semmler), 14tägig, 2 *g*. — **Neumann**: Anorganisch-chemische Technologie, 4; Chemisch- und elektrochemisch-technisches Praktikum, tägl. — **Semmler**: Organische Technologie, 3; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Eucken**: Physikalische Chemie I und II, 3; Physikalisch-chemisches Praktikum für Fortgeschrittene, tägl.; Übungen in physikalischer Chemie und Elektrochemie, 4. — **Nauß**: Technische Gasanalyse, 1. —

**Dehn**: Höhere Mathematik III, 2, Übungen, 2, für Chemiker und Hüttenleute, 3, Übungen, 1. — **Hessenberg**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Kinematik, nach Verabredung. — **Steinitz**: Höhere Mathematik I, 5, Übungen, 3; Potentialtheorie, 2. — **Schnee**: Ausgewählte Kapitel der Analysis, nach Verabredung. —

## Technische Hochschule Danzig.

**Krüger**: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, Optik, 5; Kleines physikalisches Praktikum, 8; Großes physikalisches Praktikum, tägl.; Ausgewählte Kapitel aus der technischen Physik, 1. — **Kalähne**: Einführung in das physikalische Praktikum: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 1; Theoretische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 2; Photographie und photographische Reproduktionsverfahren, 1, Übungen I für Anfänger, 3, II für Fortgeschrittene, 3; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten im photographischen Laboratorium des Physikalischen Instituts, tägl. — **Roessler**: Elektrotechnik II, 4; Elektrotechnisches Laboratorium II und III, 9; Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 4; Berechnung und Entwurf elektrischer Maschinen (mit Roth), 2, Übungen, 4. — **Grix**: Elektrische Hausinstallationen und Beleuchtungstechnik, 1; Elektrische Bahnen, 2, Übungen, 4; Schwachstromtechnik, einschließlich Hochfrequenztechnik, 2. — **Roth**: Elektromaschinenbau, 1, Übungen, 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2; Apparate und Schalttafelbau, 2, Übungen, 4. — **Föttinger**: Einführung in die Physik der technischen Strömungserscheinungen, mit Demonstrationen, 2. — **N. N.**: Praktische Meteorologie und Luftfahrt, 2. —

**Ruff**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Chemisches Kolloquium (mit v. Wartenberg und Wohl), 2, Übungen, für Fortgeschrittene, *g*; Praktikum im anorganisch-chemischen und elektro-chemischen Laboratorium, tägl. — **Wohl**: Organische Experimentalchemie I, 4; Praktikum im organisch-chemischen Laboratorium und Laboratorium für landwirtschaftliche Gewerbe, tägl. — **v. Wartenberg**: Physikalische Chemie I und II, 2; Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 3, Übungen, 1; Übungen zur Mathematik, 1; Kleines physikalisch-chemisches Praktikum I und II, 4; Großes physikalisch-chemisches Praktikum, 9. — **N. N.**: Quantitative chemische Analyse, 2. — **Claass**: Chemie und Technologie organischer Farbstoffe, 2. — **Glimm**: Chemie und Technologie der Nahrungs- und Genußmittel, 4; Praktikum für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und Gärungsphysiologisches Praktikum, tägl.; Kurse für Gärungsgewerbe, Übungen, mehrere Wochen. — **Jellinek**: Angewandte physikalische Chemie I und II, 2. —

**v. Mangoldt**: Höhere Mathematik I, 6. — **Lorenz**: Dynamik starrer Körper, 2, Übuflgen, 2; Festigkeitslehre und Hydraulik, 4, Übungen, 3. — **Schilling**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 5; Ausgewählte Kapitel der höheren analytischen Geometrie, 1 *g*. — **Sommer**: Höhere Mathematik II, 4, Übungen, 1; Variationsrechnung, 2. — **v. Brunn**: Theorie der Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 2. — **N. N.**: Übungsergebnisse in der Mechanik, 2. — **Eggert**: Geodäsie I, 2, II, 2; Planzeichnen, 2; Geodätisches Praktikum I und II, 2. —

## Technische Hochschule Darmstadt.

**Schering**: Experimentalphysik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Geometrische Optik, Wellenlehre des Lichtes, Akustik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Zeißig) I: Allgemeine Physik II: Angewandte Physik, 4 Nachmittage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik (mit Zeißig), nach Verabredung; Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Zeißig), 1 *g*. — **Zeißig**: Experimentalphysik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Akustik, Optik, 4; Physikalische Meß- und Instrumentenkunde, 1 *g*; Seismometrie und Anwendungen, 1 *g*; Ausgewählte Kapitel aus der allgemeinen

Physik, 1. — **Meisel**: Theorie der optischen Instrumente I, 2. — **Limmer**: Photographische Übungen A, 3, B, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Photographie, 2; Die Herstellung von Lichtbildern und Vergrößerungen, 2; Photographisches Kolloquium, 1 *g*; Grundlagen der Kinematographie, 1, mit Übungen, nach Verabredung. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I: Elemente der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Meßkunde II, 2; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit Sengel), 4 Tage; Selbständige Arbeiten für Vorgeschrittenere (mit Sengel und Petersen), nach Verabredung; Elektrische Wellen: Hochfrequenztechnik, 2; Radiotelegraphisches Praktikum, für Fortgeschrittenere, nach Verabredung. — **Petersen**: Allgemeine Elektrotechnik II: Gleich- und Wechselstromtechnik, 4, Übungen, 2; Übungen im Hochspannungslaboratorium, 2; Grundzüge der Hochspannungstechnik, 1. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 3, Übungen, 3; Elektrische Licht- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 2; Elektrische Bahnen, 2. — **Goldschmidt**: Elektrischer Antrieb von Werkzeug-, Bergwerks- und Hüttenmaschinen, 2. — **Eberhardt**: Luftschiffahrt, 2; Flugtechnik, 2; Luftschrauben, 2, Übungen, 6. — **Linke**: Aeronautische Meteorologie, 2. — **Schleiermacher**: Aerodynamik in Beziehung zur Luftfahrt, 2 *g*; Rechenapparate und wissenschaftliches Rechnen, 2 *g*; Elliptische Funktionen, 2 *g*. —

**Wöhler**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Theoretische Chemie I, 2; Kolloquium über chemische Tagesfragen (mit Martin), 1; Chemisches Praktikum für anorganische und physikalische Chemie (mit Heyl, Martin und Schaeffer), tägl. außer Sonnabend. — **Finger**: Organische Experimentalchemie, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Alkaloide, 2; Praktikum im Laboratorium für organische Chemie (mit Friedlaender), tägl. außer Sonnabend. — **Martin**: Analytische Chemie II, 2; Physikalisch-chemisches Seminar, 2 *g*; Einführung zu den Übungen zur theoretischen Chemie, 2. — **Heuser**: Organische Experimentalchemie, einschließlich Zellulosechemie und Teerfarbenchemie, 4; Organisch-chemisches Praktikum, nach Verabredung; Papier-Färberei-Praktikum, 4. — **Friedlaender**: Zwischenprodukte der Teerfabrikation, 1 *g*. — **Heyl**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 2; Bakteriologie und Sterilisationstechnik (mit Schaeffer), Übungen, 2. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Chemische Technologie, 4; Chemisches, chemisch-technisches und elektrochemisches Praktikum (mit Moldenhauer und Sander), tägl. außer Sonnabend. — **Moldenhauer**: Gasanalytische Methoden, mit Übungen, 2; Theorien elektrochemischer Prozesse, 2; Elektrochemische Übungen, 4. — **Vaubel**: Theoretische Chemie I: Stereochemie, 1, Übungen, 3; Die physikalischen und chemischen Methoden der quantitativen Bestimmung organischer Verbindungen, 1; Chemie der Fette und Öle und daran anschließend Firnisse und Lacke, 1 *g*. — **Sonne**: Chemische Technologie der Explosivstoffe, 2. — **Weller**: Untersuchen von Nahrungsmitteln, Genußmitteln und Gebrauchsgegenständen, 8, Übungen, 1. —

**Graefe**: Trigonometrie, 3, mit Übungen; Höhere Mathematik, 3, Übungen, 2; Geschichte der Mathematik, 1. — **Horn**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 6, Übungen, 4; II, 2, Übungen, 1. — **Dingeldey**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 5, Übungen, 4; Theorie der Fourierschen Reihen und Integrale, 2. — **Wiener**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Neuere mathematische Lehren zur Behandlung naturwissenschaftlicher und technischer Aufgaben: Strecken- und Punktrechnung, 2—3; Arbeiten im mathematischen Institut (mit Sulzmann), 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6, II, 2. — **Hohenner**: Geodäsie, 4; Höhere Geodäsie, 2; Geodätische Übungen I, 4; Geodätische Ausarbeitungen, 2; Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2; Praktische Geometrie, 2. — **Assistenten**: Planzeichnen, 4. — **Gasser**: Katastertechnische Berechnungen, 1 *g*. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen (mit Graefe), 2; Mechanik II, 6, Übungen (mit Graefe), 2 und 3; Hydrodynamik, 1. — **Blaess**: Ausgewählte Abschnitte aus der technischen Mechanik, 2 *g*. —

## Universität Erlangen.

**Wiedemann**: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 2; Physikalisches Halb- und Vollpraktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Reiger**: Theoretische Physik, 4, Übungen, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium (mit Würschmidt und Hauser), 1 *g*. — **Würschmidt**: Geschichte der Physik der neueren Zeit, 2; Vektorenrechnung mit Anwendungen, 2. — **Hauser**: Maschinenkunde für Chemiker und Physiker, 1. —

**O. Fischer**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im Chemischen Laboratorium (mit Henrich) a) analytisch-chemische Übungen, b) Vollpraktikum, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Mediziner (mit Jordis), 4. — **Busch**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 3; Grundlagen der Nahrungsmittelchemie, 2; Chemisches Vollpraktikum, tägl., Halbpraktikum, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Nahrungsmittelchemisches Voll- und Halbpraktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Henrich**: Analytische Chemie der Metalle (Experimentalvorlesung zur Ergänzung des analytisch-chemischen Praktikums), mit besonderer Berücksichtigung der Gewichtsanalyse, 3; Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, 1. — **Jordis**: Physikalische Chemie I, 2; Chemisches Seminar, 2; Elektrochemisches Praktikum a) Elektroanalyse, 2, b) für Fortgeschrittene, 4. —

**Noether**: Differentialrechnung und analytische Geometrie, 4; Differentialgeometrie, 3; Übungen im Mathematischen Seminar, *g*. —

## Universität Frankfurt a. M.

**Wachsmuth**: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5; Über Radioaktivität, 1; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2; Physikalische Übungen für Anfänger, 6, für Mediziner, 4, für Fortgeschrittene, tägl.; Wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **v. Laue**: Theorie der Elektrizität, 4, Übungen, 1; Statistische Mechanik, 2; Leitung physikalisch-wissenschaftlicher Arbeiten, tägl. — **Déguisne**: Der elektrische Gleichstrom: Grundbegriffe und Grundgesetze, 2; Elektrische Meßkunde, 1; Hochfrequenzströme, 1; Kolloquium über die neuere Literatur auf dem Gebiete der angewandten Physik, 14tägig, 2; Kleines elektrotechnisches Praktikum I, 3. II, 3; Großes elektrotechnisches Praktikum, tägl.; Wissenschaftliche Arbeiten, tägl.; Gasmotoren-Praktikum, 2. — **Linke**: Allgemeine Meteorologie, 2; Erdbebenkunde: Seismophysik, 1; Meteorologisch-geophysikalische Übungen, 2; Mond und Wetter, 1. — **Humann**: Theoretische Kapitel aus dem Gebiet der elektrischen Freileitungen und Kabel, 1; Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze, 1. — **Seddig**: Spektralanalyse, 1; Übungen in der optischen Projektion und Anstellung physikalischer Demonstrationen, 14tägig, 2; Wissenschaftliche Photographie, 14tägig, 2; Photographisches Praktikum, 8 oder 4. — **Stern**: Die Entropie, 2. —

**Freund**: Organische Experimentalchemie mit einer Einleitung in die Grundlehren der anorganischen Chemie, 5; Kolloquium über neue chemische Literatur, 14tägig, 1½; Chemisches Praktikum und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten: a) organische Abteilung, ganztägig, b) anorganische Abteilung, ganz- oder halbtägig (mit Ebler), für Angehörige der Wirtschafts- und sozialwissenschaftlichen Fakultät (mit Speyer), 2 halbe Tage. — **Lorenz**: Physikalische oder theoretische Chemie II: Verwandtschaftslehre, 3; Ausgewählte Kapitel aus der technischen Elektrochemie (Fortsetzung), 1; Kolloquium über neuere Arbeiten aus dem Gebiete der physikalischen Chemie, 14tägig, 2; Anfänger-Praktikum der physikalischen Chemie, tägl. außer Sonnabend; Übungen aus dem Gesamtgebiet der physikalischen Chemie, einschließlich Elektrochemie, Kolloidchemie, Metallurgie usw., halb- oder ganz-

tägig; Wissenschaftliche Arbeiten, ganztägig. — **Ebler**: Analytische Chemie II, 2; Gasanalyse und Gasvolumetrie, 1; Kolloquium über anorganische und analytische Chemie, 14tägig, 1½; Die Chemie der radioaktiven Substanzen I, nach Verabredung. — **Fleischer**: Chemie der Alkaloide, 1; Synthetische Methoden der organischen Chemie, 2. — **Mayer**: Einführung in die anorganische Chemie auf elementarer Grundlage, 1; Die Zwischenprodukte der Teerfarbenfabrikation: Chemie der Benzolderivate, 2; Praktische Übungen in der Färberei der Textilfasern, 2. — **Speyer**: Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der ätherischen Öle, 1. — **Tillmans**: Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel, 2; Praktische Übungen in der Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, Wasser und Abwasser, nach Verabredung. —

**Schoenflies**: Integralrechnung, 4; Übungen für Anfänger, 1; Allgemeine Einleitung in die höhere Mathematik, 2. — **Bieberbach**: Funktionen von reellen Veränderlichen, 4; Darstellende Geometrie, mit Übungen, 4; Mathematisches Seminar: Vorträge aus der Geometrie der Zahlen, 2. — **Hellinger**: Analytische Theorie der linearen Differentialgleichungen, 4; Fouriersche Reihen, 2; Mathematisches Seminar: Übungen über ausgewählte Abschnitte der Funktionentheorie, 2. — **Brill**: Einleitung in die Mechanik des Himmels, 2. — **Szász**: Theorie und Anwendung der Determinanten, 3. —

## Universität Freiburg i. Br.

**Himstedt**: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten, 3, für Naturwissenschaftler, 6; Physikalisches Kolloquium, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Koenigsberger**: Mathematische Physik, mit Übungen (Schwingung und Leitung), 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Vorbereitung zu Übungen aus der theoretischen Physik, 1. — **Gaede**: Theorie der Elektrizitätsleitung in Gasen, 2; Technisch-physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler; Übungen in der Anfertigung physikalischer Apparate und in der Vorführung von Demonstrationen, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im technisch-physikalischen Institut, tägl. — **Meyer**: Elektrochemie mit Demonstrationen, 2; Photographie mit praktischen Übungen und Demonstrationen, 2; Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalisch-chemisches Übungspraktikum, 2; Selbständige physikalisch-chemische Arbeiten, tägl. —

**Gattermann**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum: a) für Chemiker, ganztägig, tägl. außer Sonnabend, b) für Nichtchemiker, halbtägig (mit Riesenfeld, Fromm, Meigen, Skita, Heß und Schwarz); Übungen im Experimentieren und Vortragen für künftige Lehrer der Chemie II (organisch) (mit Riesenfeld, Heß und Schwarz), 2 *g*; Chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Kiliani**: Organische Experimentalchemie, 5; Arbeiten und Übungen im chemischen Laboratorium, medizinische Abteilung, tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Autenrieth und Knoop), 6. — **Autenrieth**: Pharmazeutische Chemie I: Anorganische Chemie, 2; Darstellung und Wertbestimmung offizineller Präparate, 1. — **Knoop**: Physiologische Chemie, 2; Physiologisch-chemisches Praktikum, 3; Einleitung in das chemische Praktikum für Mediziner, 1. — **Riesenfeld**: Anorganische Technologie: Metallurgie, mit Exkursionen, 2; Atom- und Molekulartheorie, zugleich eine Einführung in die Grundlagen der Chemie, 1; Elektrochemisches Praktikum, 2. — **Fromm**: Organische Experimentalchemie, 5; Repetitorium der anorganischen Chemie für Mediziner, 2, Repetition, 1. — **Meigen**: Qualitative Analyse, 3; Übungen im Bestimmen von Mineralien auf chemischem Wege, 2. — **Skita**: Spezielle Kapitel und Methoden der organischen Chemie, für Vorgeschrittenere, 2; Seminar der organischen Chemie, 1. — **Madelung**: Neuere Arbeiten auf den Gebieten der organischen Chemie, 1. — **Heß**: Chemie der natürlichen Farbstoffe, 1. — **Schwarz**: Theorie der quantitativen Analyse, 1; Seminar (Repetitorium) für anorganische Chemie, für Chemiker und Lehramtskandidaten, 1; Chemie der radioaktiven Elemente, für Chemiker und Mediziner, 1. —

**Heffter**: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 1 *g*; Seminarübungen: Funktionentheorie, 2 *g*. — **Stickelberger**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Zahlentheorie, 3. — **Seith**: Kegelschnitte, elementar, 2. — **Loewy**: Theorie und Anwendung der Determinanten, 4; Einführung in die Versicherungsmathematik, 2. — **Bolza**: Theorie der partiellen Differentialgleichungen, 3. — **Ansel**: Populäre Astronomie, 2; Himmelsmechanik I, 2; Geographische Ortsbestimmung, mit Übungen, 2. —

## Universität Gießen.

**König**: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5; Physikalisches Praktikum für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 6, für Vorgeschrittene, nach Verabredung, für Chemiker, Mediziner, Pharmazeuten und Landwirte, 3; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Fromme), 2. — **Cermak**: Handfertigkeitspraktikum, 3; Über Energiestrahlung, 2. — **Fromme**: Geometrische und Physikalische Optik, 3; Theoretisch-physikalische Übungen, 1. — **Aßmann**: Meteorologie einschließlich Aerologie, 2. — **Uller**: Einführung in die Elektrotechnik, 1. — **Peppler**: Meteorologische Optik, 1. — **Jentzsch**: Beugungstheorie der optischen Instrumente, 1; Ballistik, 1. —

**Elbs**: Organische Experimentalchemie, 1; Chemisches Praktikum, tägl.; Chemische Übungen für Landwirte, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner und Veterinärmediziner (mit Brand), 5; Pharmazeutisch-chemische und nahrungsmittelchemische Übungen (mit Feist), tägl. — **Schaum**: Anorganische Chemie, 5; Physikalische Chemie, für Vorgeschrittene, 1 *g*; Physikalisch-chemische Übungen, 3; Physikalisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Brand**: Experimentelle Elektrochemie, allgemeiner Teil, 2; Technologie der Farbstoff- und Heilmittelzwischenprodukte, 1. — **Feist**: Pharmazeutisch-chemische Präparate, organischer Teil, 3; Untersuchung von Trinkwasser und Harn, 2. — **v. Liebig**: Grundanschauungen der Chemie in ihrer geschichtlichen Entwicklung, 1 *g*. — **Thomae**: Kolloidchemie und Ultramikroskopie, 1; Pharmazeutische Geheimmittel und ihre Untersuchung, 1; Die Analyse von Erzen, Mineralien, Gesteinen und Wässern, 1; Kolloidchemisches und ultramikroskopisches Praktikum, tägl.; Kolloidchemische und ultramikroskopische Übungen, 2. —

**Engel**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1; Seminar: Differentialgleichungen, 2 *g*. — **Schlesinger**: Elementare Algebra, 3; Analytische Mechanik, 4; Seminar: Differentialgleichungen, 1. — **Graßmann**: Darstellende Geometrie I, 3, Übungen, 4; Analytische Geometrie des Raumes, 1, Seminar, 14tägig, 1. —

## Universität Göttingen.

**Rausch v. Traubenberg**: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Wärme, 4; Praktische Übungen im physikalischen Institut (mit Debye u. Simon), 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Voigt**: Optik, 4; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, nach Verabredung *g*; Mathematisch-physikalisches Seminar: Ausgewählte Kapitel der Optik mit Übungen, 2 *g*. — **Wiechert**: Vermessungswesen, theoretischer Teil: Geodäsie, Markscheidekunst, Nautik, Aeronautik, Rechnungsmethoden, 4; Geophysikalisches Praktikum, nach Verabredung; Mathematisch-physikalisches Seminar: Vorträge über Fragen der Geonomie: Geophysik und Geodäsie, 1 *g*; Mechanik, 4. — **Prandtl**: Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Mechanik, einschließlich der Aerodynamik und der Thermodynamik, tägl.; Mathematisch-physikalisches Seminar: Vorträge über Fragen der Aerodynamik (mit Runge),

2 *g.* — **Simon**: Einführung in die Elektrotechnik, mit Demonstrationen, 2; Schwingungs- und Resonanzerscheinungen in Physik und Technik, 4; Elektrotechnisches Praktikum, 3; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen auf dem Gebiete der angewandten Elektrizität, tägl.; Mathematisch-physikalisches Seminar: Vorträge über angewandte Elektrizität, 2 *g.* — **Debye**: Thermodynamik, 4; Elektronen und Ionen, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Mathematisch-physikalisches Seminar: Seminarübungen über Struktur der Materie (mit Hilbert), 2 *g*, Physikalische Besprechungen, 2 *g.* — **Hertz**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 3; Strahlungstheorie, 2. — **Rausch v. Traubenberg**: Radioaktivität, 2. —

**Windaus**: Allgemeine Chemie I: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemische Übungen und wissenschaftliche Arbeiten (mit Mannich, Kötz, Borsche, Sielisch), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Kolloquium für Fortgeschrittene, 1 *g.* — **Tammann**: Physikalische Chemie I, 2; Physikalisch-chemische Arbeiten, ganz- und halbtägig; Physikalisch-chemisches Praktikum für Anfänger, 4 Wochen; Kolloquium, 1 *g.* — **Zsigmondy**: Kolloidchemie, 1 *g*; Besprechung hervorragender Arbeiten auf dem Gebiete der anorganischen Chemie, 1; Praktikum der anorganischen und der Kolloidchemie, ganz- und halbtägig. — **Mannich**: Nahrungsmittelchemie, 1½; Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 3; Praktische Übungen in pharmazeutischer, toxikologischer und Nahrungsmittelchemie, für Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Kolloquium über pharmazeutische Chemie, 1 *g.* — **Coehn**: Anwendungen der physikalischen Chemie auf technische Prozesse, 1; Photographisches Praktikum, für Anfänger und Fortgeschrittene, 3; Photochemische Arbeiten, ganz- und halbtägig. — **Borsche**: Einführung in die Chemie, anorganischer Teil, 4; Chemische Technologie anorganischer Verbindungen III: Metallurgie, 2. — **Vogel**: Einführung in die Metallographie, 1; Metallographisches Praktikum, 3. —

**Hilbert**: Differentialgleichungen, 4. — **Klein**: Mathematisch-physikalisches Seminar: Fortsetzung der Vorträge über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert, 2 *g.* — **Runge**: Darstellende Geometrie mit Übungen, 5; Differential- und Integralrechnung II, mit Übungen, 6. — **Landau**: Algebra, 4; Mathematisch-physikalisches Seminar: Mathematische Seminarübungen, 1 *g.* — **Hartmann**: Allgemeine Astronomie, 2; Leitung astronomischer und astrophysikalischer Arbeiten für Fortgeschrittene, 12; Astronomisches Seminar: Besprechung neuerer Literatur, 2 *g.* — **Carathéodory**: Kurven und Flächen, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Funktionentheorie, 2 *g*; Übungen für mittlere Semester, 2ₐ — **Bernstein**: Mathematische Statik, 3; Versicherungsrechnung mit Übungen, 2; Vorträge über ausgewählte Gegenstände der Mathematischen Statistik, 2 *g.* — **Ambronn**: Elemente der Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, 2; Einfache Übungen im astronomischen Beobachten für Anfänger und Lehramtskandidaten, 2 Vormittage; Übungen im Berechnen von Kometen und Planeten-Bahnen, 14tägig, 3 *g*; Leitung selbständiger astronomischer Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl. —

## Universität Graz.

**Benndorf**: Experimentalphysik I, 5; Physikalische Übungen I, für Chemiker und Naturhistoriker, 6 *g*, II, für Mathematiker und Physiker, 6 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend, *g*; Physikalisches Konversatorium: Besprechung von neueren Arbeiten, 14tägig, 2 *g.* — **Streintz**: Die neuere Entwicklung der Wärmelehre, 2. — **Rosenberg**: Übungen in der Anstellung physikalischer Schulversuche, 3 *g.* —

**Scholl**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger (mit Skraball), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4, für Lehramtskandidaten, tägl., für Vorgeschrittene, tägl.; Stereochemie, 1 *g.* — **Kremann**: Physikalische Chemie I, 2; Physikalisch-chemische Arbeits- und Meßmethoden, 3; Physikalisch-chemisches, elektrochemisches und metallographisches Praktikum, 20. — **Skrabal**: Pharmazeutische Chemie, 4; Analytische Chemie, 1; Praktikum aus anorganischer und analytischer Chemie für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend. — **v. Hemmelmayr**: Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie: Gärungsindustrien, Kautschuk, mit Besichtigung von Fabriksanlagen, 2; Experimentierübungen (chemische Schulversuche) für Lehramtskandidaten, 2. —

**v. Dantscher**: Analytische und projektivische Geometrie der Ebene, 5; Mathematisches Seminar I, 2 *g.* — **v. Daublebsky**: Differential- und Integralrechnung, 5; Elementarmathematik I, 2; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Streißler**: Darstellende Geometrie III: Zentrale Projektionsmethode, 3. — **Brell**: Statistische Mechanik, 3. — **Hillebrand**: Sphärische Astronomie, 3; Praktische Astronomie, mit Übungen an der Sternwarte, 2. —

## Universität Greifswald.

**Mie**: Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 5; Physikalische Übungen für Naturwissenschaftler, 6, Erläuterungen, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten, 2; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl. —

**Dimroth**: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum: a) anorganische Abteilung, b) organische Abteilung (mit Posner), c) für Pharmazeuten und Nahrungsmittelchemiker (mit Scholtz), tägl. außer Sonnabend, d) für Mediziner, 4, Erläuterungen, ½ *g.* — **Scholtz**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 3; Ausmittelung der Gifte, 1; Pharmazeutisches Kolloquium, 1 *g.* — **Roth**: Physikalische Chemie, mit Ausschluß der Elektrochemie und Radioaktivität, 2; Qualitative Analyse, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3½ oder 7½; Besprechung ausgewählter physikalisch-chemischer Arbeiten, 1 *g.* — **Posner**: Chemie der Benzolderivate, 2; Besprechung neuerer Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie, 1 *g.* —

**Hausdorff**: Funktionentheorie: Funktionen von komplexen Veränderlichen, 4, Übungen, 1 *g*; Algebraische Gleichungen, 2; Mathematisches Seminar: Vorträge und Übungen für mittlere und höhere Semester (mit Thaer), 2 *g.* — **Thaer**: Analytische Geometrie der Ebene mit Übungen, 4; Mechanik I, mit Übungen, 4. —

## Universität Halle.

**Dorn**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Linsentheorie, Interferenz und Beugung, 2 *g*; Physikalisches Laboratorium: a) Übungspraktikum, 6, b) Halbpraktikum, 3, c) Arbeiten von Geübten, tägl. — **Schmidt**: Einleitung in die theoretische Physik, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, ganztägig; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g.* — **Wigand**: Über Elektronen und Ionen, 1; Physikalisches Handfertigkeits-Praktikum, 3. —

**Erdmann**: Chemische Technologie I: Wärmeerzeugung, Kälteerzeugung, chemische Großindustrie, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend; Praktischer Kursus in Gasanalyse, Heizwertbestimmungen und technischer Analyse, 4. — **Schneidewind**: Technologie der Kohlehydrate: Zuckerfabrikation, 1 *g*, Spiritusfabrikation, 1; Agrikulturchemie I: Die Ernährung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, Bodenkunde und Düngerlehre, 4; Exkursionen und Demonstrationen, nach Verabredung *g.* — **Schulze**: Darstellung und Prüfung der Arzneimittel II, 2; Die wichtigsten Alkaloide, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4. — **Baumert**:

Gerichtliche Chemie, 2; Einführung in die gerichtlich-chemische Analyse, 1 *g*; Praktische Übungen im Laboratorium für Nahrungsmittelchemie, tägl. außer Sonnabend; Gerichtlich-chemisches Praktikum, 3. — **Tubandt**: Grundzüge der physikalischen Chemie, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Kleines physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, 4. —

**Wangerin**: Synthetische Geometrie, 3; Analytische Mechanik II, 2; Anwendungen der elliptischen Funktionen, 3; Übungen des Mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Gutzmer**: Zahlentheorie, 4; Übungen des Mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Eberhard**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*. — **Buchholz**: Grundlagen der höheren Geodäsie, 1; Störungstheorie, 2. — **Pfeiffer**: Integralrechnung, mit Übungen, 5; Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 4 *g*. —

## Technische Hochschule Hannover.

**Precht**: Experimentalphysik, 4; Arbeiten im Laboratorium der Physik (mit Leithäuser), 4. — **Leithäuser**: Grundzüge der Physik, 3; Praktische Physik, 2; Photographie, 4. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 3; Theoretische Elektrotechnik, 4; Elektrotechnisches Laboratorium (mit Beckmann, Brückmann und Hölter) I, 8, II, 16, III für Maschineningenieure, 8; Elektrotechnisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Heim**: Elektrische Anlagen I: Einzelanlagen (mit Helsing), 3, Übungen, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen und Transformatoren (mit Helsing), 2, Übungen, 2; Elektrische Bahnen, Elektrotechnischer Teil, 2; Elektrische Kraftübertragung, 2. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger II, 1; Elektrotechnische Meßkunde I 2, 2; Die Wickelungen der elektrischen Maschinen, 1 *g*. — **Brückmann**: Turbogeneratoren, 1 *g*; Elektrotechnisches Seminar, 1. —

**Seubert**: Anorganische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie (mit Eschweiler, Seybold und Sauermilch), tägl. außer Sonnabend. — **Eschweiler**: Analytische Chemie, 3. — **Behrend**: Organische Chemie, 3; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie (mit Ingebrigtsen und Nottbohm), tägl. außer Sonnabend. — **Ost**: Grundzüge der chemischen Technologie, 2; Allgemeine chemische Technologie, 4, Übungen im Skizzieren, 2; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie (mit Matthies), tägl. außer Sonnabend. — **Bodenstein**: Physikalische Chemie, 3; Elektrochemische Übungen (mit Braune), 4; Arbeiten im elektrochemischen Institut (mit Braune), tägl.; Übungen in der Elektroanalyse (mit Braune), 7. — **Jänecke**: Unsere Kalilager, 1; Die physikalische Chemie der heterogenen Gleichgewichte: Phasenlehre, 1. —

**Kiepert**: Höhere Mathematik I (mit Prange), 6, Übungen, 2, Repetition, 1, III, 2; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Theorie der elliptischen Funktionen, 3. — **Müller**: Höhere Mathematik II A (mit Prange), 6, Übungen, 2; Geschichte der technischen Mechanik seit Newton, 1; Variationsrechnung, 3; Mathematisches Seminar (mit Rodenberg und Salkowski), 2 *g*. — **Salkowski**: Grundzüge der höheren Mathematik, 3, Übung, 1; Praktische Mathematik, 2, Übungen, 2; Vektoranalysis, 2. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie II (mit Richter und Morin), 3, Übungen, 6. — **Petzold**: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 3. — **Oertel**: Geodäsie I (mit Petzold), 4, Übungen, 2, II: Ingenieur-Geodäsie, 2, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2. — **Pröll**: Mechanik I: Grundzüge der Mechanik, 3, Übung, 1, II: Dynamik und Hydrodynamik, 4, Übung, 1, III: Elastizitäts- und Festigkeitslehre, Statik der Baukonstruktionen, 3, Übung, 1; Aeromechanik in ihrer Anwendung auf Motorluftschiffe und Flugzeuge, 1. —

## Universität Heidelberg.

**Lenard**: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Praktikum (mit Becker), 6; Wissenschaftliche Arbeiten Fortgeschrittener im physikalischen und radiologischen Institut (mit Becker), tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Seminar und Kolloquium, 1 *g*. — **Becker**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Theoretisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum für Anfänger und für Vorgeschrittene, mit Exkursionen, 2. —

**Curtius**: Experimentalchemie II: Organische Verbindungen, 4, Metalle, 2; Chemisches Praktikum für Anfänger und für Geübtere in anorganischer, organischer, physikalischer, analytischer und pharmazeutischer Chemie (mit Jannasch, Trautz und Müller), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, halbtägig. — **Jannasch**: Gewichtsanalyse, 2; Chemische Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 1. — **Müller**: Gasanalytisches Praktikum (mit Müller), 4; Analytisches Praktikum zur Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 5. — **Knoevenagel**: Chemie der Benzolderivate: Chemie und Technologie der Teerfarbstoffe. — **Trautz**: Physikalische Chemie I: Elektrochemie, Thermochemie, Konstitution der Materie, chemische Gleichgewichte, 3; Physikalische Chemie der Explosivstoffe, 1; Praktische Einführung in die physikalische und Elektrochemie, 4—6 Wochen. — **Krafft**: Anorganische Chemie, 4; Praktisch-chemische Übungen und Arbeiten im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Anfängerpraktikum, 5 oder 3 halbe Tage; Ferienkurse: Chemisches Praktikum, 4 Wochen. — **Stollé**: Qualitative Analyse; Pharmazeutische Chemie II (organisch). — **Mohr**: Stereochemie, 1. — **Muckermann**: Analytische Methoden offizineller Arzneimittel; Wasser- und Harnanalyse. — **Müller**: Gasanalyse und Gasvolumetrie, 1, Praktische Übungen, 2. —

**Stäckel**: Krumme Linien und Flächen, 4; Mathematisches Oberseminar (mit Perron), 2; Mathematisches Unterseminar: Übungen zur Flächentheorie, 1. — **Perron**: Algebra, 4; Theorie der Funktionen einer reellen Veränderlichen, 4; Mathematisches Unterseminar. — **Wolf**: Spektralanalyse I, 3 *g*. — **Koenigsberger**: Differential- und Integralrechnung II, 4; Variationsrechnung, 1. — **Koehler**: Determinantentheorie, 2. — **Vogt**: Analytische Geometrie des Raumes, 4. — **Bopp**: Relativitätstheorie, 2. —

## Universität Jena.

**Wien**: Experimentalphysik II, 4; Praktikum (mit Auerbach); Kolloquium, 1 *g*; Spezialuntersuchungen (mit Straubel und Auerbach), tägl. — **Auerbach**: Thermodynamik: Theorie der Wärme, 4; Ausgewählte Kapitel der Kriegstechnik, allgemeinverständlich, 1. — **Straubel**: Geometrische Optik II, 1. — **Ambronn**: Einleitung in die Theorie des Mikroskops, 2; Übungen in der Handhabung des Mikroskops und seiner Nebenapparate, 2; Mikrophotographie und Projektion, 1. —

**Knorr**: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wolff): a) Vollpraktikum, 30, b) Halbpraktikum, 15, c) Mediziner-Vollpraktikum, 6, d) Mediziner-Halbpraktikum, 3; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium und Anleitung zu chemischen Spezialuntersuchungen (mit Schlenk und Schneider), 40. — **Wolff**: Analytische Chemie, 3; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Immendorff**: Agrikulturchemie I: Pflanzenernährungslehre, 3, II: Tierernährungslehre, 2; Grundzüge der organischen Chemie, für Landwirte, 1; Chemisches Praktikum für Landwirte, großes und kleines; Agrikulturchemisches Seminar für Fortgeschrittene, 14tägig, 2. — **Vongerichten**: Chemische Technologie, anorganischer Teil, inkl. Heizstoffe, 2; Technisch-chemisches Praktikum, halb- und ganztägig; Kursus für Nationalökonomen, 4; Technisch-chemische Analyse: Heizwertbestimmung, Färberei usw. — **Matthes**: Pharmazeutische Chemie I: Anorganische Chemie, 3; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Untersuchung und Darstellung chemisch-pharmazeutischer Präparate, Ausmittelung der Gifte, halbtägig; Praktische und theoretische Übungen aus dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl. — **Marc**: Physikalische Chemie I, 2; Phy-

sikalisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig. — **Schlenk**: Chemie der Benzolreihe, 2. — **Schneider**: Chemie der hydroaromatischen Verbindungen, 1. — **Kappen**: Die agrikulturchemischen Untersuchungsmethoden: Boden-, Düngemittel- und Futtermittelanalyse, 1; Chemische Technologie der landwirtschaftlichen Nebengewerbe, 1. —

**Haußner**: Differential- und Integralrechnung II, mit Übungen, 5; Raumkurven und krumme Flächen, 5, Seminar, 1 *g*; Proseminar: Anwendungen der Differentialrechnung, 1 *g*. — **Koebe**: Analytische Geometrie des Raumes, mit Proseminar, 3; Elementare partielle Differentialgleichungen, 4; Analytische Mechanik I, 2; Seminar über partielle Differentialgleichungen, konforme Ausbildung, analytische Mechanik. — **Thomae**: Besondere ebene Kurven, 1 *g*. — **Frege**: Grundlagen der Arithmetik, 4; Begriffsschrift, 1 *g*. — **Knopf**: Sphärische Astronomie, 2; Interpolationsrechnung und mechanische Quadratur, 1. — **Winkelmann**: Graphische Statik, mit Übungen, 4; Mathematische Näherungsmethoden mit numerischen und graphischen Übungen, 4. —

## Technische Hochschule Karlsruhe.

**Lehmann**: Physik, 4, Ergänzungen, 2; Physikalisches Laboratorium (mit Schachenmeier), 6; Seminar für Experimentalphysik, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im physikalischen Laboratorium, nach Verabredung. — **N. N.**: Mathematische Physik, 3; Repetitorium der Physik, 2. — **Schachenmeier**: Optik mit besonderer Berücksichtigung der Elektronentheorie, 2. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum, für Anfänger und Vorgeschrittene, 2. — **Richter**: Elektromaschinenbau I: Grundlagen, Gleichstrommaschinen, Transformatoren, 5; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium II, 6, für Vorgeschrittene (mit Schleiermacher, Schwaiger und Hausrath), 8; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Meßkunde, 3; Theoretische Elektrizitätslehre, 3; Elektrotechnisches Laboratorium I, 6. — **Schwaiger**: Elektromotorische Betriebe, einschließlich Bahnen, 2; Elektrische Kraftwerke und Schaltanlagen, 2; Schalt- und Regulierapparate, 1; Nichtstationäre elektrische Vorgänge und Hochspannungstechnik, Übungen, 2; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Teichmüller**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Seminar, 2; Übertragung und Verteilung elektrischer Energie: Leitungen, 2, Übungen, 2; Energieversorgung des Landes, 1; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Hausrath**: Drahtlose Telegraphie, 2; Schwachstromtechnik, 2; Besichtigung von Schwachstromanlagen, nach Verabredung. — **Thomälen**: Theorie der Wechselströme, 2, Übungen, 2. — **Schultheiß**: Meteorologie: Klimatologie, 1. —

**Engler**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Organisch-chemisches Kolloquium (mit Franzen), 1; Spezielle Kapitel der allgemeinen Chemie, 1; Chemisches Laboratorium, 5 Tage. — **Bredig**: Physikalische Chemie I, 2; Überblick über die theoretische und technische Elektrochemie, 3; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, 5 Tage; Physikalisch-chemischer und elektrochemischer Einführungskurs. — **Bunte**: Chemische Technologie I: Zuckerfabrikation, Gärungsgewerbe, Brauerei, Brennerei usw., 2, II: Wasser, Beleuchtungstechnik, 2; Metallurgie, 1; Brennstoffe und industrielle Feuerungen, 1; Übungen in der Technischen Analyse (mit Eitner), 4 und 3, für Vorgerücktere, tägl.; Gaschemische Übungen, 2; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, 5 Tage; Technologische Exkursionen. — **Franzen**: Organische Chemie II, 2; Besprechung neuerer Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 1. — **Askenasy**: Prozesse der elektrochemischen Großindustrie II und Bau und Betrieb der Akkumulatoren, 2. — **Dieckhoff**: Organische pharmazeutische Chemie, 2; Gerichtliche Chemie, 2. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2, Übungen (mit Bunte), 4; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse, 1, Übungen (mit Bunte), 3; Spezielle Technologie der Gasbeleuchtung I und II, 1, Übungen, 4. — **Koenig**: Analytische Chemie II: Physikalisch-chemische Grundlagen der Analyse, 2. — **Reis**: Photochemie I: Strahlungslehre, 2. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln sowie Gebrauchsgegenständen, 2. — **Steinkopf**: Methoden der organischen Chemie, 1; Chemie der heterozyklischen Verbindungen I und II, 1. — **Terres**: Chemie der Gase, 2. — **Ubbelohde**: Industrie der Fette und Harze, 2; Über Patentwesen, 1. — **N. N.**: Chemie der Faserstoffe und Farbstoffe I, 2, Übungen, 2. —

**Disteli**: Darstellende Geometrie I und II, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **Fueter**: Höhere Mathematik II, 3; Wahrscheinlichkeitsrechnung mit Anwendungen auf Versicherungswissenschaft, 2. — **Heun**: Mechanik I und II, 4, Übungen, 2; Mechanisches Seminar, 3 *g*. — **Krazer**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Haupt**: Übungen in den Grundlehren der höheren Mathematik, 2; Arithmetik und Algebra, 2, Übungen, 1; Ebene und sphärische Trigonometrie, 2, Übungen, 1. — **Noether**: Elemente der Mechanik, 3, Übungen, 1; Elastizitätstheorie, 2. — **N. N.**: Elementare und analytische Geometrie der Ebene und des Raumes I und II, 2, Übungen, 1. — **Haid**: Praktische Geometrie, 3; Höhere Geodäsie, 3; Geodätisches Praktikum I, 2, III, 3; Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **Bürgin**: Katastervermessung II, Feldbereinigung, 2, Übungen, 4; Repetitorium der praktischen Geometrie, 2; Plan- und Terrainzeichnen, 2 und 4; Ausarbeitung der großen geodätischen Exkursion, 2. — **Stutz**: Organisation der Katastervermessung, 2, Übungen, 1. —

## Universität Kiel.

**Dieterici**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger: a) Mathematiker und Naturwissenschaftler, 8, b) Mediziner und Pharmazeuten, 4; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene, tägl. — **Weber**: Elektrodynamik, 4; Photometrie, 1; Theorie physikalischer Messungsapparate, mit Übungen, 1; Ausgewählte physikalische Messungen und Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend. — **Zahn**: Grundzüge der elektromagnetischen Lichttheorie, 1. — **Martienssen**: Einführung in die Elektrotechnik, 2. —

**Harries**: Organische Experimentalchemie, 4; Chemisches Praktikum I, anorganische Abteilung (mit Mumm), tägl. außer Sonnabend, II, organische Abteilung, tägl.; Chemische Gesellschaft: Vorträge über neue Arbeiten auf allen Gebieten der Chemie (mit Rügheimer, Feist, Mumm, Preuner, Horrmann und Freudenberg), 2 *g*. — **Rügheimer**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 3; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Berend**: Geschichte der Chemie, 1 *g*. — **Feist**: Chemie der Benzolderivate, 2; Überblick über die Technologie der Zuckerindustrie, Gärungsgewerbe, Petroleum- und andere Brennstoffindustrien usw., 1. — **Mumm**: Chemie der Metalle, 3. — **Stoehr**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Preuner**: Thermochemie, 2; Elektroanalytische Übungen, 2 Wochen. — **Horrmann**: Über Alkaloide und deren Ermittlung bei Vergiftungsfällen, 1. —

**Pochhammer**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Bestimmte Integrale, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Theorie der Bahnbestimmungen, 3, Übungen, 1 *g*. — **Jung**: Differential- und Integralrechnung II, mit Übungen, 5; Analytische Mechanik, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Kobold**: Theorie der Finsternisse, 2, Übungen, 14tägig, 2 *g*. — **Toeplitz**: Höhere Algebra, 4; Übungen für mittlere Se-

mester, 2; Mathematische Miszellen, 1 *g*. — **Neuendorff**: Graphische und numerische Methoden mit Übungen, 5; Übungen und Vorträge aus der angewandten Mathematik, 1 *g*. —

## Universität Königsberg.

**Kaufmann**: Experimentalphysik II: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 5, Ergänzungen, für Physiker und Mathematiker, 1 *g*; Physikalische Übungen, 6; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Volkmann**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4, Ergänzungen und Übungen, 1 *g*; Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten für Anfänger und Vorgerückte, 6. — **Hoffmann**: Molekularphysik, 1. —

**Klinger**: Metalle und Salze, 1; Organische Chemie, auch für Anfänger, 4; Praktikum für Mediziner, 2 Nachmittage; Chemisches Praktikum (mit Blochmann und Eisenlohr), tägl. außer Sonnabend; Besprechung neuerer Arbeiten (mit Blochmann, Eisenlohr und Sonn), 1 *g*. — **Stutzer**: Chemie für Landwirte, 3; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Fütterungslehre, 2 *g*. — **Rupp**: Pharmazeutische Chemie, 2; Untersuchung von Trinkwasser und Harn, 1; Übungen im pharmazeutisch-chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-wissenschaftliches Kolloquium, 1 *g*. — **Blochmann**: Maßanalyse: Titriermethoden, 2; Ausgewählte Kapitel aus der technischen Chemie, 1 *g*. — **Eisenlohr**: Photochemie, 1; Theorien der Chemie, 1 *g*. — **Goy**: Kurzer Abriß der landwirtschaftlichen Chemie, 2; Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. —

**Meyer**: Analytische Raumgeometrie, mit Übungen, 4; Höhere Raumgeometrie, mit Übungen, 4. — **Battermann**: Sphärische Astronomie, 2; Allgemeine Astronomie, 1 *g*. — **Boehm**: Differential- und Integralrechnung II, mit Übungen, 4; Theorie der Funktionen reeller Veränderlicher und der Fourierschen Reihen, mit Übungen, 3; Seminar, 1 *g*. — **Kaluza**: Darstellende Geometrie, mit Übungen, 4; Determinanten, 2; Ausgewählte Kapitel der angewandten Mathematik, 2. —

## Universität Leipzig.

**Wiener**: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Licht, 5, Mathematische Ergänzungen, 1; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Scholl und Füchtbauer), tägl.; Physikalisches Praktikum (mit Füchtbauer), 3, 6 oder 9, für Mediziner und Pharmazeuten, 3; Physikalisches Kolloquium (mit Des Coudres), 2 *g*. — **Des Coudres**: Einleitung in die theoretische Physik, 4, Übungen, 1 *g*; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Fredenhagen), tägl. — **Bjerknes**: Ausgewählte Kapitel aus der Dynamik und Thermodynamik der Atmosphäre, 2; Selbständige Arbeiten im Geophysikalischen Institut, für Vorgeschrittene (mit Wenger), tägl.; Praktische Einführung in graphisch-mathematische Methoden mit Anwendungen (mit Wenger), 2; Geophysikalisches Kolloquium (mit Wenger), 2 *g*. — **v. Oettingen**: Das duale Harmoniewesen auf Grund der reinen Stimmung nebst Analyse klassischer Tonwerke, 2 *g*. — **Fischer**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften (Differential- und Integralrechnung), mit Übungen, für Mediziner und Chemiker, 3; Über die Wirkung der Muskeln, 1. — **Scholl**: Elektrotechnisches Praktikum, 3. — **Marx**: Gasentladungen, 2. — **Fredenhagen**: Maxwellsche Theorie auf experimenteller Grundlage, 2. — **Haas**: Geschichte der Physik von ihren Anfängen bis zum Ende des 18. Jahrhunderts, 2 *g*; Selbständige geschichtlich-physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, nach Verabredung, *g*. — **Jaffé**: Einführung in die Vektoranalysis, 1 *g*. — **Lilienfeld**: Erzeugung und Anwendung der Röntgenstrahlen, 1 *g*. — **Füchtbauer**: Pädagogisch-physikalisches Praktikum, für Lehramtskandidaten, 3. — **Donner**: Handfertigkeitsunterricht in der Institutswerkstätte, 3. —

**Hantzsch**: Organische Experimentalchemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Schaefer), für Chemiker, Pharmazeuten, Mathematiker, Naturwissenschaftler und Landwirte, tägl.; Anorganisch-chemisches Praktikum (mit Schaefer), 6 *g*; Chemisches Praktikum für Mediziner und Zahnärzte (mit Schaefer), 6; Organisch-chemisches Vollpraktikum (mit Reddelien), tägl.; Chemisches Praktikum für Fortgeschrittene (mit Stobbe, Rassow, Schaefer und Reddelien), tägl. — **Le Blanc**: Physikalische Chemie I (ausschließlich Elektrochemie), 4; Chemisches Praktikum für Anfänger: Analytische und präparative anorganische und organische Arbeiten, tägl.; Physikalisch-chemisches Praktikum (photographisch-chemisches mit Weigert, elektrochemisches und kolloidchemisches mit Böttger), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs, Darstellung elektrochemischer Präparate (mit Schall), 4 oder 8. — **Paal**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum, analytisch-anorganisch und organisch, für Chemiker, Mathematiker, Naturwissenschaftler und Landwirte (mit Scheiber, Sieverts, Deußen und Waentig), tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie (mit Deußen und Waentig), tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum (mit Deußen und Scheiber), tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner und Zahnärzte (mit Sieverts und Waentig), 6; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere (mit Heller, Deußen, Scheiber, Sieverts und Waentig), tägl.; Chemisch-technisches Praktikum (mit Heller), tägl. — **Stobbe**: Spezielle organische Chemie: Die heterozyklischen Verbindungen, mit besonderer Berücksichtigung der Alkaloide und der künstlichen Heilmittel, 1; Mehrkernige aromatische Verbindungen: Gruppe des Diphenyls, der Polyphenylmethane, des Naphthalins, Anthracens usw., 1. — **Wagner**: Experimentelle Einführung in die Chemie auf physikalischer Grundlage, 1, Ergänzung, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Lehrer: Schulversuche, Analyse und Präparate, tägl.; Didaktische Besprechungen: Elektrochemie, 1 *g*. — **Rassow**: Chemische Technologie, organische Betriebe: Zucker, Stärke, Gärungsgewerbe, 2; Technologische Exkursionen, *g*; Chemisch-technologisches Praktikum, ganz- oder halbtägig: Die Gewinnung und Verwendung der wichtigsten Gebrauchsmetalle: Eisen, Kupfer, Zink, Zinn, Nickel, Silber, 1 *g*. — **Weigert**: Photochemische Probleme, 1 *g*; Spektroskopie, 1; Photochemische und photographische Übungsmethoden, mit praktischen Übungen, 4. — **Schall**: Ausgewählte Kapitel der elektrochemischen Technik II, 1 *g*. — **Böttger**: Wissenschaftliche Grundlagen der analytischen Chemie: Übersicht über die gesamte qualitative und quantitative Analyse, 2. — **Heller**: Allgemeine und technische Chemie, organischer Teil, 2. — **Scheiber**: Arzneimittelprüfung, 1. — **Sieverts**: Einführung in die Metallographie mit Übungen, 3. — **Deußen**: Qualitative Analyse, 1. — **Schaefer**: Spezielle anorganische Chemie unter Berücksichtigung neuerer Forschungen, mit Demonstrationen I, 2. — **Reddelien**: Neuere Theorie und Forschungsergebnisse der organischen Chemie, 1. —

**Bruns**: Himmlische Mechanik, 4; Praktische Arbeiten in der Sternwarte, *g*. — **Hölder**: Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen, 1 *g*; Elliptische Modulfunktionen, 2. — **Rohn**: Differentialgeometrie, 4, Übungen, 1 *g*; Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*. — **Herglotz**: Mechanik, 5; Ausgewählte Kapitel der höheren Zahlentheorie, 3; Mathematisches Seminar: Ausgewählte Gegenstände der Geometrie (mit Blaschke), 14tägig, 2 *g*. — **Blaschke**: Partielle Differentialgleichungen, 4; Konforme Abbildung, 2. —

## Universität Marburg.

**Richarz**: Experimentalphysik: Wärme, Magnetismus und Elektrizität, 5, Elementar-mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Feußner und Schulze), 6; Leitung eigener Untersuchungen, tägl. — **Feußner**: Theoretische Physik: Licht,

4; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Schulze**: Elastizitätstheorie, 2. — **Take**: Interferenz, Polarisation und Kristalloptik, 2; Repetitorium der Experimentalphysik mit elementar-mathematischen Übungen III, 1. —

**v. Auwers**: Organische Experimentalchemie für Chemiker und Mediziner, 5; Chemisches Seminar, 14tägig, 2 *g*; Chemisches Praktikum (mit Fries), ganz- und halbtägig; Chemische Übungen für Mediziner (mit Strecker), ganz- und halbtägig; Praktisch-chemischer Kursus für Mediziner (mit Strecker): Theoretische Einführung, 1/2, Praktikum, 3 1/2. — **Schmidt**: Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, und selbständige chemische Arbeiten (mit Keller), tägl., im Anschluß: Qualitative Analyse, *g*. — **Thiel**: Physikalische Chemie II, 3; Theoretische Übungen über ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1 *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum, 6; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, tägl.; Photographisch-chemisches und photographisches Praktikum, für Anfänger und Fortgeschrittene (mit Stuchtey), 2. — **Fries**: Ausgewählte Kapitel aus der anorganischen Chemie, 3; Chemisches Kolloquium, 2 *g*; Chemisches Repetitorium für Mediziner, 1. — **Reißert**: Organische Farbstoffe, 1. — **Strecker**: Qualitative Analyse, 2; Konstitution anorganischer Verbindungen, 1; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2. — **Keller**: Organische Chemie, 6; Nahrungsmittelchemie II: Spezieller Teil, 2; Arzneimittelprüfung, 1 *g*; Sterilisierübungen, 2. — **Flade**: Chemische Technologie, 2; Kolloidchemie, 1; Gasanalytisches Praktikum, 3. —

**Hensel**: Integralrechnung, 4; Kreisteilungsgleichung mit Anwendung auf den großen Fermatschen Satz und die allgemeinen Reziprozitätsgesetze, 3; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Neumann**: Analytische Mechanik II, 3; Höhere Funktionentheorie, 4; Mathematisches Seminar, 1 1/2 *g*. — **v. Dalwigk**: Analytische Geometrie des Raumes, 3; Naturwissenschaftliche Anwendungen der Differential- und Integralrechnung, mit Übungen, 2; Geodäsie, 2; Kartographie, 1 *g*. — **Wegener**: Elementarkursus der geographischen Orts- und Zeitbestimmungen, 2. —

## Universität München.

**Röntgen**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Licht, 5; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Praktische Übungen im Physikalischen Laboratorium (mit Koch und Wagner), 4. — **Sommerfeld**: Thermodynamik einschließlich kinetischer Gastheorie, 4, Seminar-Übungen, 2 *g*; Probleme der Atomistik, 1. — **Graetz**: Experimentalphysik I: Einleitung, Wärme, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum: a) Übungen in physikalischen Messungen, b) Übungen in physikalischen Demonstrationen, 4; Einleitung in die theoretische Physik I, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten aus der Physik, nach Verabredung *g*. — **Koch**: Spektralanalyse mit Vorführung von Versuchen, 1. — **Donle**: Physikalische Maße und Meßmethoden, 2. — **Schmauß**: Allgemeine Meteorologie und Klimatologie, 4. —

**v. Baeyer**: Praktische Arbeiten im Chemischen Laboratorium (mit Piloty, Vanino und Prandtl in der unorganischen, mit Piloty, Vanino, Wieland und Dieckmann in der organischen Abteilung), tägl. außer Sonnabend, für fortgeschrittenere Mediziner (mit Piloty ev. Vanino), ganz- oder halbtägig; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Piloty und Vanino), 4. — **Paul**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Nahrungsmittelchemie I, mit Exkursionen, 1 1/2; Pharmazeutisch-chemische Präparatenkunde: Anorganische Präparate, 2 1/4; Chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich physikalisch-chemischer, elektrochemischer und nahrungsmittel-chemischer Arbeiten, mit serologisch-chemischen Übungen, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich der Übungen in den für den Apotheker wichtigen Sterilisationsverfahren (die pharmazeutisch-chemisch. Übungen mit Heiduschka), tägl. außer Sonnabend; Übungen für praktische Apotheker (mit Heiduschka), nach Verabredung. — **Piloty** (ev. **Vanino**): Analytische Chemie I, 3. — **Prandtl**: Unorganische Experimentalchemie, 5; Spezielle unorganische Experimentalchemie II: 4. bis 8. Gruppe des periodischen Systems, 3; Praktikum für Gasanalyse, 4. — **Wieland**: Spezielle organische Chemie II: Benzolderivate, 3; Über Spreng- und Explosivstoffe, 1. — **Dieckmann**: Chemie der Kohlehydrate, 1 *g*. — **Heiduschka**: Harnanalyse, 1; Gerichtliche Chemie I: Ausmittelung von Giften, 2; Galenische Präparate, ihre Darstellung und Prüfung mit Berücksichtigung der modernen maschinellen Hilfsmittel, 1; Grundzüge der Chemie für Zahnärzte, 4. — **Pummerer**: Anorganisch-chemische Technologie, ohne Schwermetalle, mit Exkursionen, 2. — **Meyer**: Elektrochemie, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum, 4. — **Kalb**: Kolloquium über organische Chemie, 1. —

**Lindemann**: Analytische Mechanik, 4; Einleitung in die Theorie der gewöhnlichen und der partiellen Differentialgleichungen, 4; Theorie der höheren algebraischen Kurven, 2, Übungen und Vorträge im Mathematischen Seminar, 1 1/2 *g*. — **v. Seeliger**: Figur der Himmelskörper mit Einleitung in die Theorie des Potentials, 4. — **Voß**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 2 *g*; Analytische Geometrie der Kurven und Flächen, 4. — **Pringsheim**: Elemente der Funktionentheorie, 5. — **Brunn**: Elemente der höheren Mathematik, 3. — **Hartogs**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 3. — **Großmann**: Parallaxe und Eigenbewegung, 2. — **Böhm**: Ausgewählte Kapitel aus der mathematischen Statistik, 2; Elemente der Versicherungsrechnung, 2; Seminar für Statistik und Versicherungswissenschaft (mit v. Mayr und Zahn), 3. — **Dingler**: Elementarmathematik, mit geschichtlichen und pädagogischen Hinweisen, 4; Einführung in die mathematische Behandlung von Beobachtungsdaten, 2. — **Rosenthal**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1; Übungen aus ebener Differentialgeometrie, 1. —

## Technische Hochschule München.

**Zenneck**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, Optik, 6; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Physik, 12—30. — **Fischer**: Grundzüge der Physik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 3; Apparate und Methoden des physikalischen Unterrichts I: Mechanik, Elastizität, Wärme, 3; Praktisch-physikalische Übungen: Aufbau und Handhabung von Apparaten, 4; Elektrizität und Magnetismus, 4; Einführung in die wissenschaftlichen Arbeitsmethoden der Physik, 8—30; Elemente der theoretischen Physik: Mechanik, Elastizität und Wärmelehre, 4; Interferenz- und Beugungserscheinungen (experimentelle und theoretische), 1. — **Knoblauch**: Ausgewählte Kapitel der technischen Thermodynamik, 2; Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Physik, nach Verabredung. — **Emden**: Theorie der Strahlung, 2; Meteorologie und Klimatologie, 2. — **Dieckmann**: Ausgewählte Kapitel der Telegraphen- und Fernsprechtechnik, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen aus dem Gebiete der angewandten Physik, nach Verabredung. — **von und zu Aufseß**: Populäre Astrophysik I, 2. — **Schröter**: Mechanische Wärmetheorie, 2, Übungen, 1. — **Voit**: Angewandte Physik: Heizung, Lüftung, Akustik der Gebäude, Blitzableiter, 3; Schwachstromtechnik: Telegraphie, Telephonie und drahtlose Telegraphie, 2. — **Heinke**: Einführung in die Elektrotechnik, 4, Übungen, 2; Elektrische Meßtechnik II, 3; Elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik und Photometrie, 8 und 4; Elektrotechnisches Praktikum für Vorgeschrittene, nach Verabredung. — **Ossanna**: Theorie und Konstruktion der elektrischen Maschinen I: Gleichstrommaschinen und Umformer, 3, II: Synchrongeneratoren und Synchronmotoren, 3; Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Umformern und Transformatoren, 8 und 2; Wechselstrom-Kommutatormotoren, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen, 4. — **Kadrnozka**: Elektrische An-

lagen I: Verwertung elektrischer Arbeit, a) Elektrische Kraftbetriebe, 2, b) Elektrische Bahnen, 3, II: Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit, 2, Übungen: Entwerfen elektrischer Anlagen, 4. — **Urban**: Unterrichtskurse in praktischer Photographie, 1, Praktische Übung, 3. —

**Manchot**: Unorganische Experimentalchemie einschließlich der Grundzüge der physikalischen Chemie, 6; Unorganisches und analytisch-chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgerücktere, 10, 20 oder 30; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten im unorganischen Laboratorium, nach Verabredung. — **Lipp**: Chemie der aromatischen Verbindungen, 2; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 30. — **Albert**: Chemische Technologie der Fette, Öle und Seifen, 1; Die Herstellung neuerer Arzneimittel und ihre Verwendung, 1. — **Rohde**: Die Hauptgruppen der heterozyklischen Verbindungen unter Berücksichtigung der wichtigsten zugehörigen Alkaloide, 3. — **Hofer**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Maßanalyse II, 2; Theoretische Elektrochemie, 2; Praktikum im elektrochemischen Laboratorium, 10, 20 oder 30. — **Schultz**: Chemische Technologie I, 3; Praktikum im chemisch-technischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Chemie, nach Verabredung; Chemisch-technische Übungen: Chemisch-technische Analyse, Färberei, 4. — **Jacob**: Chemisch-technische Prüfungsmethoden, 1. — **Braß**: Textilfaserstoffe und ihre Veredlung, 1. — **Lintner**: Chemische Technologie des Wassers und der Kohlehydrate, 3; Gärungschemisches Praktikum, bis 30; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im gärungschemischen Laboratorium, nach Verabredung. —

**N. N.**: Mathematik I, 6, Übungen, 3. — **v. Dyck**: Höhere Mathematik III, 5, Übungen, 2; Funktionentheorie nach Cauchy und Riemann, 5; Mathematisches Seminar: Kolloquium (mit Finsterwalder und Liebmann), 2. — **Doehlemann**: Grundzüge der höheren Mathematik I, 4; Darstellende Geometrie I mit Schattenkonstruktionslehre, 5, Übungen, 6; Synthetische (neuere) Geometrie, 4, Übungen: Kegelschnitte, 1. — **Liebmann**: Ebene und sphärische Trigonometrie, 3, Übungen, 1; Elementare Mathematik: Kreissystem, Theorie der geometrischen Konstruktionen, elementare Algebra, 4, Übungen, 1; Variationsrechnung, 2. — **Finsterwalder**: Differentialgeometrie, 2; Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4. — **Lagally**: Analytische Mechanik, 4. — **Burmester**: Täuschungsarten und Kinematographie mit Demonstrationen, 1. — **Schmidt**: Vermessungskunde I, 4, Praktikum, 2 und 4; Landesvermessung, 4. — **Bischoff**: Graphisches und mechanisches Rechnen, 1; Ausgleichungsmethoden der trigonometrischen Punktrechnung, 1. — **Schlötzer**: Anleitung zur rechnerischen Ausarbeitung geodätischer Aufnahmen, 2. — **Föppl**: Technische Mechanik II: Graphische Statik, 3, Übungen, 2, III: Festigkeitslehre, 4. —

## Universität Münster.

**Schmidt**: Experimentalphysik: Optik und Elektrizitätslehre, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Szivessy), 3 oder 6; für Fortgeschrittene (mit Konen), tägl.; Physikalisches Seminar (mit Konen und Szivessy), 14tägig, 2 *g*. — **Konen**: Einführung in die theoretische Physik, 4, Übungen, 1 *g*; Übungen in Demonstrationsversuchen und in der Anfertigung einfacher Apparate, 3. — **Szivessy**: Vektoranalysis, mit Anwendungen auf physikalische Probleme, 2. —

**Schenck**: Analytische Chemie, 4; Chemisches Praktikum (mit Ley), tägl., für Mediziner (mit Kaßner), 4; Chemisches Kolloquium, 14 tägig, 2 *g*. — **Salkowski**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 2 *g*. — **Kaßner**: Anorganische Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der Medizin und Pharmazie, 4; Maßanalyse, 1 *g*; Kolloquium über pharmazeutische Präparate und die Gegenstände des Deutschen Arzneibuchs V, 1; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, mit besonderer Berücksichtigung des Wassers, 1; Pharmazeutisch-chemische, toxikologische und maßanalytische Übungen im Laboratorium, Darstellung chemischer Präparate, für Vorgerücktere Bearbeitung selbständiger wissenschaftlicher oder technischer Aufgaben, tägl. außer Sonnabend. — **Ley**: Konstitutionsbestimmung organischer Verbindungen auf Grund physikochemischer Methoden, 2; Theorie der Lösungen in elementarer Darstellung, 1 *g*. — **König**: Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der angewandten Chemie, für Fortgeschrittene (mit Bömer), tägl. *g*. — **Bömer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Untersuchung und Beurteilung von Gebrauchsgegenständen, 1 *g*. —

**Killing**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 *g*; Übungen des mathematischen Oberseminars, 2 *g*; Analytische Mechanik II, 4. — **v. Lilienthal**: Analytische Geometrie II, 4; Funktionentheorie, 3; Determinanten und niedere Algebra, 2; Übungen des mathematischen Unterseminars, 2 *g*. — **Timpe**: Differentialgleichungen, 3; Graphische Methoden der Analysis und Algebra, mit Übungen, 2; Graphische Statik, 2, Übungen, 2 *g*. — **Schewior**: Darstellende Geometrie I, 3, Übungen, 2 *g*; Methoden der Geodäsie, 2; Geographische Ortsbestimmung, 2, Übungen, 1. — **Plaßmann**: Mathematische Geographie und elementare Astronomie, 2; Anfangsgründe der Bahnbestimmungslehre, 2; Übungen im Beobachten und Rechnen, nach Verabredung, *g*. —

## Universität Rostock.

**Heydweiller**: Experimentalphysik: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen: a) für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 8, b) für Mediziner und Pharmazeuten, 4; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar (mit Weber), 1. — **Weber**: Einführung in die theoretische Physik, 3, Übungen, 1; Ausgewählte Abschnitte aus der analytischen Mechanik, 2; Wissenschaftlich-physikalische Arbeiten, tägl. —

**Michaelis**: Organische Chemie, 5; Übungen im chemischen Laboratorium: a) Großes chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend, b) Kleines chemisches Praktikum, 9, c) Übungen für Mediziner und Nahrungsmittelchemiker, 4; Pharmazeutische Präparatenkunde, 2 *g*. — **Stoermer**: Analytische Chemie, 4; Gerichtlich-toxikologische Chemie, 2; Chemie der Riechstoffe, mit besonderer Berücksichtigung der Terpen- und Kampferchemie, 1; Chemie der Zuckerarten, 1; Wissenschaftliche chemische Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Kümmell**: Chemische Verwandtschaftslehre: Chemische Statik und Kinetik, Thermochemie, Photochemie, 3. —

**Staude**: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Theorie der analytischen Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 2. —

## Universität Straßburg.

**Braun**: Experimentalphysik II: Wärme, Akustik, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen, 13; Übersichtskursus für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Cohn**: Einleitung in die theoretische Physik, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten. — **Rohmann**: Röntgenstrahlen, 2. — **Hecker**: Erdbebenkunde, 1. —

**Thiele**: Allgemeine Experimentalchemie, anorganischer Teil, 5; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene (mit Wedekind und Straus), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Kolloquium für Anfänger, 1 *g*. — **Rose**: Chemische Technologie der Metalloide, 3; Die Untersuchung und Reinigung des Wassers, 1 *g*. — **Wedekind**: Analytische Chemie I, 2¼; Einführung in die Elektrochemie und ihre Anwendungen, 1; Physikochemisches und elektrochemisches Praktikum, 4. — **Straus**: Benzolderivate. — **Ruggli**: Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 1. — **Oesterle**: Pharmakognosie, 4; Pharmazeutische Chemie und chemische Toxikologie II, 4; Arbeiten im Laboratorium des pharmazeutischen Instituts, tägl.; Pharmakognostisch-mikroskopische Übungen, 3; Pharmakochemisches Kolloquium, nach Verabredung *g*. —

**Kreutz**: Die Industrie des Zuckers und der alkoholischen Getränke, mit Exkursionen, 1. —

**Schur**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Differentialgeometrie, 2; Mathematisches Seminar: Geometrische Übungen, $1\frac{1}{2}$. — **Faber**: Differential- und Integralrechnung I, 4; Elliptische Funktionen, nach Verabredung; Mathematisches Seminar: Lektüre mathematischer Klassiker, $1\frac{1}{2}$. — **Simon**: Geschichte der Mathematik im Altertum, 2. — **Wellstein**: Graphische Statik, 3. — **Epstein**: Projektive Geometrie in analytischer Behandlung, 2. — **Speiser**: Perspektive, 2. — **Bauschinger**: Bahnbestimmung der Himmelskörper, 4; Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, nach Verabredung. **Wirtz**: Seminaristische Übungen zur mathematischen Geographie, 1; Die Gezeiten: Ebbe und Flut, in elementarer Darstellung, 1. —

## Technische Hochschule Stuttgart.

v. **Koch**: Experimentalphysik: Mechanik, Wärme, Elektrostatik, Magnetismus, Elektrokinematik, 4; Theoretische Physik, mit mathematischen Ergänzungen, 2; Übungen im physikalischen Institut: a) Physikalisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend, b) Anleitung zu physikalisch-wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Handfertigkeits-Praktikum in Physik, für Vorgeschrittene, 2—3; Physikalisches Kolloquium, 2; Meteorologie: Ausgewählte Kapitel, 1. — **Veesenmeyer**: Grundlagen der Elektrotechnik: Konstruktionen und Anlagen, 2, Übungen, 1; Elektrotechnische Konstruktionselemente (mit Brandegger), 1; Dynamobau I (mit Brandegger), Seminar, 1, Übungen, 6, II, 2; Elektrotechnische Maschinenkonstruktionen (mit Brandegger), 8; Elektrische Betriebe: Elektrische Bahnen und Fahrzeuge, 2; Projektieren elektrischer Anlagen (mit Brandegger), Übungen, 4; Übungen in elektrischen Konstruktionen und Anlagen (mit Brandegger), 4. — **Emde**: Grundlagen der Elektrotechnik: Beschreibung des elektromagnetischen Feldes, 2, Übungen, 1; Wechselstromtechnik I, 2, Übungen, 8, II, 2, Übungen, 4. — **Herrmann**: Elektrische Meßinstrumente und Meßmethoden I, 1, Übungen, 8, II, 1, Übungen, 4; Schwachstromtechnik I, 2, Übungen, 4; Übungen in drahtloser Telegraphie, 4; Grundzüge der Elektrotechnik, 2. —

**Gutbier**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Übungen im Laboratorium für anorganische Chemie und anorganisch-chemische Technologie (mit Schmidt und Huber). — **Grube**: Elektrochemie, 3; Übungen im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie. — **Küster**: Technische Chemie II: Organisch-chemische Großindustrie, 2; Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 2; Übungen im Laboratorium für organische Chemie, organisch-chemische Technologie und Pharmazie (mit Bauer). — **N. N.**: Chemische Technologie der Brenn- und Leuchtstoffe, 2. — **Kauffmann**: Farbenchemie unter besonderem Eingehen auf die Chemie mehrkerniger Benzolderivate, 2; Radioaktivität und Elektronik, 1. — **Schmidt**: Analytische Chemie, 2; Einführung in die Stöchiometrie, 1; Chemisches Seminar, 2. — **Bauer**: Die chemische Untersuchung des Harns, mit Übungen, 2; Stereochemie, 1; Spezielle organische Chemie, 2. —

**Haller**: Ebene und sphärische Trigonometrie, 2; Trigonometrische Übungen, 2 und 1. — **Stübler**: Niedere Analysis, 4; Elemente der Differential- und Integralrechnung, mit Übungen, 4. — **Kutta**: Höhere Mathematik II, 5, Übungen, 3, IV, 1, Übungen, 1; Mathematisches Seminar, 2. — **Mehmke**: Darstellende Geometrie (mit Stübler), 3, Übungen, 4; Graphisches Rechnen mit Ergänzungen aus den Gebieten des numerischen und mechanischen Rechnens (mit Stübler), 1, Übungen, 2; Vektorenrechnung (mit Stübler), 3, Übungen, 1; Mathematisches Seminar, 1. — **Wölffing**: Funktionentheorie, 3. — **Kommerell**: Geometrische Transformationen, 2. — **Roth**: Schattenkonstruktionen und Beleuchtungskunde, 4. — **Kriemler**: Technische Mechanik, 6, Übungen, 2, Übungen II, 2. — **N. N.**: Mechanische Wärmetheorie, 4. — **Heer**: Plan- und Geländezeichnen, 4. — v. **Hammer**: Ausarbeitung der geodätischen Aufnahmen, 2; Praktische Geometrie I; Vermessungskunde, 3, Übungen, 6; Geodätische Übungen, für Geodäten (mit Heer), 4; Kartenprojektionen für kartographische und geodätische Zwecke, 1, Übungen, 1; Grundzüge der höheren Geodäsie, mit Rechenübungen, 2; Barometrische Höhenmessung, mit Übungen, 1. —

## Universität Tübingen.

**Paschen**: Experimentalphysik: Akustik, Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 4; Physikalische Anfänger-Übungen, 4; Physikalische Übungen für Fortgeschrittene, halbtägig: Selbständige wissenschaftliche Untersuchungen, ganztägig. — **Meyer**: Theorie des Lichtes, 3, Übungen, 1. —

**Wislicenus**: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 5, Ergänzungen, 1; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium für Anfänger und Fortgeschrittene: a) Analytisch-chemisches Praktikum (mit Bülow), ganz- oder halbtägig, b) Chemisch-pharmazeutisches Praktikum (mit Weinland), ganz- oder halbtägig, c) Präparative Arbeiten (mit Kliegl), ganztägig, d) Physikalisch-chemische Übungen (mit Magnus), e) Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Untersuchungen (mit Bülow, Weinland, Kliegl, Magnus) (auf dem Gebiete der physikalischen Chemie), tägl. außer Sonnabend; Abgekürztes Praktikum für Mathematiker und Forststudierende (mit Bülow), 12. — **Thierfelder**: Organische Chemie für Mediziner, 4; Praktisch-chemische Übungen für Anfänger I: Qualitative Analyse, 6, II: Quantitative und physiologisch-chemische Übungen, 6; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Bülow**: Analytische Chemie I mit besonderer Berücksichtigung der Arbeiten im Chemischen Laboratorium, 3. — **Weinland**: Chemie der Arzneistoffe, anorganischer Teil, $1\frac{3}{4}$; Chemie der Nahrungsmittel, 1; Metallurgie, 1; Maßanalyse, 1. — **Kliegl**: Salpetersäure und Sprengstoffe, 1. — **Magnus**: Präparative Elektrochemie, 1. — **Krais**: Die Großhandelswaren, 2. —

v. **Brill**: Einführung in die höhere Mathematik, 4; Theorie der algebraischen Kurven, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Höhere Analysis II, 4; Höhere Algebra, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **König**: Determinanten, lineare Gleichungen, Matrizen, 3; Einführung in die höhere (Riemannsche) Funktionentheorie, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 1. — **Happel**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 2. — **Rosenthal**: Populäre Astronomie, mit Demonstrationen, 2; Photometrie der Gestirne, mit Übungen, 1; Leitung selbständiger astronomischer und astrophysikalischer Arbeiten, für Fortgeschrittene, tägl. —

## Universität Würzburg.

**Wien**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, Magnetismus, Elektrostatik, 5; Praktische Übungen, 4 und 8, für Pharmazeuten und Mediziner, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Cantor**: Theorie der Wärme, 4. —

**Buchner**: Experimentalchemie I: Unorganische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner und Zahnärzte (mit Emmert), 6; Vollpraktikum für präparative Arbeiten, tägl.; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Emmert und v. Halban), tägl.; Kolloquium (mit Emmert und v. Halban), 14tägig, $1\frac{1}{2}$ g. — **Medicus**: Chemische Technologie, 4; Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 5; Praktikum für Pharmazeuten, halb- und ganztägig; Praktikum der angewandten Chemie und Nahrungsmittelanalyse, ganz- oder halbtägig. — **N. N.**: Analytische Chemie (Experimentalvorlesung zur Ergänzung des analytisch-chemischen Praktikums), 3. — **Pauly**: Aromatische Verbindungen, 2; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, tägl. — **Emmert**: Stereochemie, 1. —

**Rost**: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Sphärische Astronomie, mit Übungen auf der Sternwarte, 2; Axonometrie und Perspektive, 2; Proseminar: Kombinatorik und Determinanten, 2 *g*; Seminar: Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, *g*. — **v. Weber**: Differentialrechnung, 4, Übungen, 2 *g*. — **Hilb**: Algebra, 4; Analytische Geometrie der Ebene, 4. —

## Universität Zürich.

**N. N.**: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, $^1/_2$ Tag, für Vorgerücktere, tägl. — **Greinacher**: Die elektrischen Ströme in Gasen auf Grund der Ionenlehre, mit Experimenten, 1; Radiologisches Praktikum, halbtägig. — **Ratnowsky**: Elektrodynamik, 3; Elektronentheorie, 2; Molekulartheorie der festen Körper, 1. — **Wolfke**: Wellenlehre I, 1; Moderne Gravitationstheorien, 1. —

**Werner**: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemisch-analytisches Praktikum, für Chemiker, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere: Präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten, tägl.; Chemisches Halbpraktikum für Naturwissenschaftler, halbtägig. — **Abeljanz**: Qualitative chemische Analyse, 2; Anleitung zu chemischen Arbeiten für Mediziner, 1; Chemie und Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 1; Chemisches Kolloquium, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Mediziner und Veterinäre, sowie für Naturwissenschaftler, 3 Tage, für Lehramtskandidaten, 6; Übungen im Untersuchen von Lebensmitteln, 4 oder 8. — **Pfeiffer**: Aromatische Chemie I, 3; Stereochemie, 2; Naphthene, Terpene und Kampfer, 1; Chemische Statik und Kinetik, 1. — **Reichinstein**: Allgemeine Elektrochemie, 1; Radioaktivität, 1. — **Dubsky**: Geschichte der Chemie, 2; Chemische Konstitution und physiologische Eigenschaften, 1. — **Lifschitz**: Neuere Theorien der organischen Chemie, 1; Einführung in die Photochemie, 2. —

**Zermelo**: Differential- und Integralrechnung I, 4; Grundlagen für die Theorie der reellen Funktionen, 3; Elemente der mathematischen Logik, 1; Mathematische Übungen für Fortgeschrittene, 2. — **Weiler**: Darstellende Geometrie mit Übungen I, 4; Analytische Geometrie I, 4; Mathematische Geographie, 2. — **Bernays**: Galoissche Theorie der algebraischen Gleichungen, 3; Differentialgleichungen, mit Übungen, 3. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Bahnbestimmungen von Planeten und Kometen, 2. —

## Technische Hochschule Zürich.

**Weiß**: Physik, 4, Repetitorium, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schweitzer), 4 und 8; Wissenschaftliche Arbeiten im physikalischen Institut, 8, 12 und 24. — **Schweitzer**: Physik I, 3, Repetitorium, 1; Optik, 2; Experimentalphysik II, 4, Repetitorium, 1, Theoretische Ergänzungen, 1. — **Piccard**: Physikalische Meßmethoden, 1. — **de Quervain**: Ausgewählte Kapitel der Meteorologie, 1. — **Wolfke**: Wellenlehre I; Optik, 2; Moderne Gravitationstheorien, 1. — **Kullmann**: Theoretische Elektrotechnik II, 4, Repetitorium, 1, III, 4, Repetitorium, 1, IV, 1; Elektrotechnisches Laboratorium, 4, 8 und 11; Elektrotechnische Konstruktionsübungen: Wechselstrom, 6. — **Farny**: Elektrische Maschinen I: Gleichstrom, 3, Repetitorium, 1. — **Korda**: Angewandte drahtlose Telegraphie und Hochfrequenzmaschinen, 1. — **Tobler**: Elektrische Signalapparate für Eisenbahnen, 2; Schwachstromtechnik I, 1. — **Wyßling**: Elektrische Anlagen I, 3, Übungen, 3. — **Barbieri**: Photographie I, 2; Photographisches Praktikum, 2; Militärphotographische Übungen, 14tägig, 3. —

**Treadwell**: Analytische Chemie I, 2, Repetitorium, 1; Gasanalyse, mit Übungen, 1; Chemie, 2, Repetitorium, 1; Analytisches Praktikum, 20, 16 und 10, für Vorgerücktere, tägl.; Chemisches Praktikum, 24. — **Baur**: Physikalische Chemie II, 2, Repetitorium, 1; Allgemeine Elektrochemie, 2, Repetitorium, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum, 8; Elektrochemisches Praktikum, 4, für Elektrochemiker, 8; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, für Vorgerücktere, tägl. — **Bosshard**: Anorganische chemische Technologie I: Wasser, Salze, Säuren, 4, Repetitorium, 1; Chemische Technologie der Wärme und der Brennstoffe, 2, Repetitorium, 1; Metallurgie, 2, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Cérésole**: Organische Technologie I: Bleicherei, Färberei, Farbstoffe, 4, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Constam**: Untersuchung und Bewertung der Brennstoffe, 1. — **Eder**: Synthetische Arzneimittel, 1; Ausgewählte Kapitel aus der Geschichte der Chemie und Pharmazie, 1. — **Hartwich**: Pharmakognosie, 5; Lebensmittelanalyse, mit Übungen, 4; Technische Mikroskopierübungen I: Fasern und Stärke, 4; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Mikroskopische Untersuchung pharmazeutischer Drogen, 4; Pharmakognostische Übungen für Vorgerücktere, tägl.; Gerichtlich-chemisches Praktikum, 16. — **Emil Ott**: Die Leuchtgasindustrie, 1. — **Staudinger**: Anorganische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organische Chemie, spezieller Teil I, 2, Repetitorium, 1; Chemisches Praktikum, 24, 10 und 16, für Vorgerücktere, tägl. — **Wiegner**: Agrikulturchemie I: Bodenkunde und allgemeine Düngerlehre, 3; Landwirtschaftlich chemische Technologie: Zucker- und Spiritusfabrikation, 2; Chemie der Milch und Milchprodukte, 1; Kolloidchemische Probleme auf dem Gebiete der Agrikulturchemie, 1; Anleitung zu den Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 1; Agrikulturchemisches Praktikum, 8 und 16; Agrikulturchemische Arbeiten für Vorgerücktere, tägl. — **Winterstein**: Anorganische Chemie, 4, Repetitorium, 1; Chemie der Alkaloide und ihre Wirkungen, 2; Agrikulturchemisches Praktikum, 3 und 16, für Vorgerücktere, tägl.; Anleitung zu den Übungen, 1; Physiologisch-chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. —

**Hurwitz**: Algebraische Gleichungen, 4; Mathematisches Seminar (mit Großmann), 2. — **Amberg**: Mathematik der Lebensversicherung I, 2. — **Baeschlin**: Vermessungskunde II, 4, Repetitorium, 1; Ausgewählte Kapitel aus der Vermessungskunde, 3, Übungen, 2, Repetitorium, 1; Geodätisches Praktikum, 2; Höhere Geodäsie, 3, Repetitorium, 1. — **Beyel**: Rechenschieber mit Übungen, 1; Darstellende Geometrie, 2; Projektive Geometrie, 1; Einführung in die nichteuklidische Geometrie, 1. — **Brandenberger**: Einführung in den mathematischen Unterricht I, 2. — **Burger**: Graphische Vervielfältigung, 2. — **Franel**: Höhere Mathematik I, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1. — **Grossmann**: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Projektive Geometrie, 4. — **Hirsch**: Höhere Mathematik I, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1. — **Keller**: Mathematik, 4; Zentralprojektion und Kollineation, 2. — **Kienast**: Anwendungen der Funktionentheorie, 2. — **Kollros**: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Anwendungen der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 4. — **Kraft**: Geometrische Analysis, 3; Vektoranalysis: Elemente, 1; Vektoranalysis V, 3; Die Grundkräfte der Welt vom Atherelement bis zum Menschen, 1. — **Meißner**: Mechanik II, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der höheren Mechanik, 2. — **Polya**: Determinanten und quadratische Formen, 2. — **Rudio**: Höhere Mathematik, 5, Übungen, 2. — **Weyl**: Analytische Geometrie, 3, Übungen, 2; Flächentheorie, 3. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Bahnbestimmung von Planeten und Kometen, 2. — **Zwicky**: Technisches Rechnen, 1; Flächenrechnen, 2; Planzeichnen, 3; Mechanik, 3, Übungen, 2; Erd- und Straßenbau, 3, Übungen, 2; Kulturtechnik I, 2, Übungen, 2. —

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.